ПРОФТЕХОБРАЗОВАНИЕ



Н.И.Макиенко

слесарное дело

с основами материаловедения

6П4.7
М15

Макиенко Н. И.
М15 Слесарное дело с основами материаловедения. Учебник для подготовки рабочих на производстве. Изд. 5-е, переработ. М., «Высш. школа», 1973.
464 с. с илл.

В книге описаны слесарные операции, приведены сведения о назначении и применении оборудования, инструментов и приспособлений, изложены приемы выполнения слесарных работ и способы их механизации, описаны контрольно-измерительные инструменты, изложены сведения о допусках и посадках.

Книга содержит также сведения о физических, механических и технологических свойствах металлов, о методах получения заготовок, о неметаллических материалах, даны общие понятия о металлургии и термической обработке.

М $\frac{3127-312}{001(01)-73}$ 81—73 6П4.7

Отзывы и замечания просим направлять по адресу: *Москва, К-51, Неглинная ул., 29/14, издательство «Высшая школа».*

Книга предназначается в качестве учебника для подготовки рабочих на производстве и может быть использована учащимися технических и профессионально-технических училищ.

ПРЕДИСЛОВИЕ

Внедрение в промышленность, строительство и сельское хозяйство новой техники, эксплуатация современных машин, механизмов, приборов и аппаратов требуют подготовки высококвалифицированных специалистов.

Развитие промышленности идет путем совершенствования машин, повышения требований, предъявляемых к их качеству, т. е. точности, долговечности, износостойкости.

В Отчетном докладе ЦК КПСС XXIV съезду партии отмечается, что «современное производство предъявляет быстрорастущие требования не к одним лишь машинам, технике, но и прежде всего к самим работникам, к тем, кто эти машины создает и этой техникой управляет. Специальные знания, высокая профессиональная подготовка, общая культура человека превращаются в обязательное условие успешного труда все более широких слоев работников» *.

В нашей стране подготовка квалифицированных рабочих для всех отраслей народного хозяйства осуществляется в плановом порядке путем обучения молодых рабочих в профессионально-технических училищах, а также на производстве методом индивидуально-бригадного обучения.

Профессия слесаря на современном предприятии является одной из наиболее распространенных профессий, и ее значение с ростом механизации и автоматизации производственных процессов возрастает, так как в значительной мере качество изготовляемой продукции и бесперебойная работа, например, автоматических линий и устройств зависят от слесарей.

Слесарные работы встречаются во всех отраслях промышленности. Круг работ настолько разнообразен, что слесари, как правило, специализируются по одному из видов работ: лекально-инструментальным, механосборочным, ремонтным, монтажным и др. Но основным для слесаря является выполнение операций: разметки, рубки, правки, гибки, резки, опиливания, сверления, зенкерования и развертывания отверстий, нарезания резьбы, шабрения, притирки и доводки, клепки и паяния.

Эти операции и работы выполняются ручными и механизированными инструментами, которыми слесарь должен умело пользоваться.

Для выполнения слесарных работ необходимо знать свойства и особенности обрабатываемых металлов и сплавов, а также устройство контрольно-измерительных инструментов и правила пользования ими.

При подготовке учебника к переизданию автором учтены рекомендации предприятий, учебных и курсовых комбинатов, а также педагогических работников учебных заведений профессионально-технического образования и многих читателей, приславших свои пожелания и замечания, направленные на улучшение книги.

---

* Материалы XXIV съезда КПСС. Издательство политической литературы, М., 1971, стр. 41.

ЧАСТЬ ПЕРВАЯ

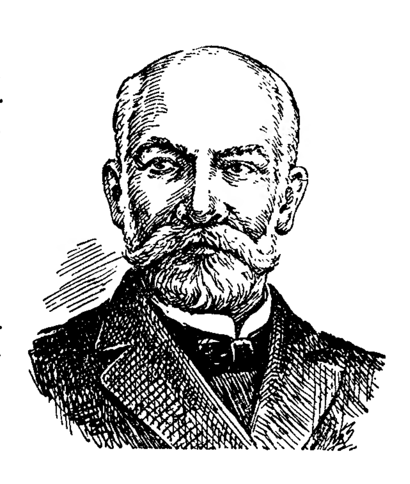
ОСНОВЫ МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЯ

Металловедение — наука, изучающая состав, внутреннее строение и свойства металлов и сплавов в их взаимосвязи, а также закономерности их изменения при тепловом, химическом и механическом воздействии. Эта наука не только объясняет внутреннее строение и свойства металлов и сплавов, но и устанавливает закономерную зависимость между внутренним строением сплава и его свойствами, а также определяет наилучший состав, метод изготовления и обработки сплава для получения требуемых свойств.



П. П. Аносов (1797—1851)

Сведения о металлах и их сплавах были известны в глубокой древности и накапливались веками. Они сыграли огромную роль в развитии материальной культуры общества, так как легли в основу развития всех отраслей народного хозяйства. Однако эти сведения не были систематизированы, не носили научного характера. Подлинное развитие науки о металлах (металловедение) началось в XIX в. в связи с развитием физики, химии и других наук. В наше время металловедение тесно связано с физикой и химией. Применение точной физической и химической аппаратуры и внедрение различных методов испытаний (механических, рентгеновских, оптических) дали возможность в течение нескольких десятилетий исследовать природу металлов и их сплавов.



Д. К. Чернов (1839—1921)

В развитии науки о металлах исключительные заслуги имеют мно-



Н. С. Курнаков (1860—1941)

гие наши соотечественники. Выдающаяся роль принадлежит русскому металлургу П. П. Аносову, получившему высококачественную сталь. П. П. Аносов установил зависимость свойств металлов от их кристаллического строения и впервые применил микроскоп для изучения внутреннего строения стали на полированных и травленых шлифах (образцах).

Русский инженер Д. К. Чернов по праву считается «отцом металлографии» стали. Он углубил научные методы изучения металлов и объяснил процессы, которые происходят при нагревании и охлаждении стали, и показал, как следует управлять этими процессами. Таким образом, Д. К. Чернов заложил основы современного производства черных металлов и их термической обработки.

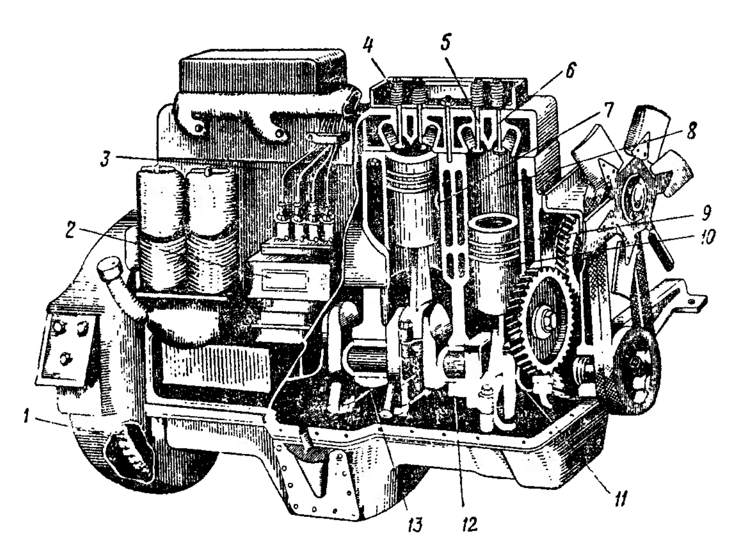


Рис. 1. Тракторный двигатель и металлы, из которых сделаны его детали

1 — углеродистая сталь с повышенным содержанием марганца (зубчатый венец маховика), *2* — серый чугун, сталь, бронза, алюминий, пружинная сталь (детали топливного насоса), *3* — серый чугун (блок картера), *4* — пружинная сталь (пружина клапана), *5* — хромоникелевая сталь (впускной клапан), *6* — клапанная жаропрочная сталь, *7* — углеродистая сталь (поршневой палец), *8* — легированный чугун (гильза блока), *9* — износоустойчивый чугун (поршневое кольцо), *10* — алюминиевый сплав (поршень), *11* — бронза (упорное кольцо), *12* — улеродистая сталь с повышенным содержанием марганца (коленчатый вал), *13* — высокооловянный баббит (вкладыш)

Н. С. Курнаков научно обосновал процесс образования сплавов и возможность получения сплавов с нужными свойствами. Многие его работы положены в основу изучения металлов.

В дальнейшем развитии металловедения большие заслуги имеют советские ученые А. А. Байков, А. А. Бочвар, С. С. Штейнберг и др. Выдающаяся роль в разработке теории и практики производства металлов принадлежит академикам М. А. Павлову, И. П. Бардину и другим деятелям науки и производства.

Знание металловедения позволяет правильно выбрать металлы и сплавы для изготовления различных по назначению деталей. На примере тракторного двигателя (рис. 1) можно видеть, сколь многочисленны металлы и сплавы, необходимые для изготовления его деталей. Эти металлы и сплавы должны быть подобраны в соответствии со свойствами, обеспечивающими надежную и долговечную работу двигателя.

Глава I.
СВЕДЕНИЯ О МЕТАЛЛАХ И СПЛАВАХ

§ 1. ОБЩИЕ ПОНЯТИЯ

Все окружающие нас тела — твердые, жидкие и газообразные (природные и полученные искусственно) — состоят из различных веществ, которые разделяются на простые и сложные. Все они состоят из мельчайших частиц, называемых молекулами, а каждая молекула состоит из еще более мелких частиц, называемых атомами. В том случае, когда молекулы состоят из неодинаковых атомов, вещество называется сложным. Если молекулы состоят из одних и тех же атомов, вещество называется простым. Содержание металлов в земной коре показано на рис. 2. Как видно из рисунка, основную массу земной коры составляют девять элементов: кислород, кремний, алюминий, железо, кальций, натрий, калий, магний и водород. Эти вещества составляют более 98% (по весу).

Самыми распространенными металлами в земной коре являются алюминий (7% по весу) и железо (5%).

Химические элементы разделяют на две группы: металлы и неметаллы (металлоиды).

Характерным признаком металлов является

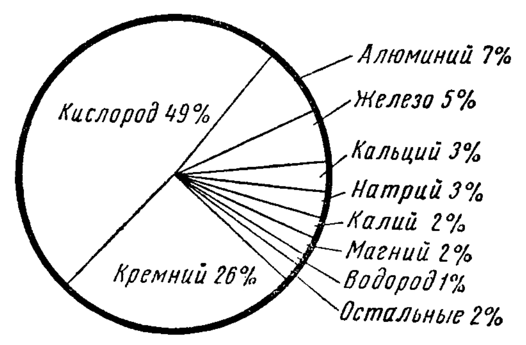


Рис. 2. Распространенность элементов в земной коре

прежде всего металлический блеск в изломе. Большинство металлов характеризуется ковкостью. Исходя из этих признаков, М. В. Ломоносов более 200 лет назад дал такое определение металла: «Металлом называется светлое тело, которое ковать можно» *.

Позднее были обнаружены и другие признаки, характерные для металлов: хорошая проводимость тепла и электрического тока, способность свариваться, поддаваться прокатке, волочению. При комнатной температуре все металлы, кроме ртути, являются твердыми телами.

Следовательно, *металлами* называются химические элементы, характерными признаками которых являются непрозрачность, блеск, хорошая проводимость тепла и электрического тока, а для многих металлов также ковкость и способность свариваться.

Благодаря развитию химического производства наряду с металлами большое значение приобрели неметаллы. *Неметаллы* — это простые вещества, не обладающие свойствами, характерными для металлов: не имеют «металлического» блеска, плохо проводят тепло и электрический ток. Некоторые из неметаллических веществ при обычных условиях газообразны, например кислород, водород, азот и др.

§ 2. ВНУТРЕННЕЕ СТРОЕНИЕ МЕТАЛЛОВ И СПЛАВОВ

Изучение внутреннего строения металлов и сплавов позволило ученым сделать вывод о том, что изменения свойств металлов и сплавов определяются особенностями их внутреннего строения. По современной теории строения атомов каждый атом состоит из положительно заряженного ядра и вращающихся вокруг него с огромной скоростью отрицательно заряженных электронов.

Ядро, несмотря на незначительный его размер по сравнению с размерами атома, сосредоточивает в себе 99,98% всей массы атома. Ядро атома состоит из положительно заряженных элементарных частиц — протонов и нейтральных элементарных частиц — нейтронов.

Электроны вращаются по орбитам, находящимся на разном расстоянии от ядра. Наибольшее влияние на свойства элементов оказывают электроны, вращающиеся по внешней орбите, определяющие собой валентность элемента, почему эти электроны и получили название валентных. Число их на внешней орбите может доходить до 8.

В металлах свободные электроны непрерывно перемещаются между ионами, но не покидают поверхность металла.

В металлах и сплавах атомы объединяются в кристаллические решетки и располагаются в них в определенном порядке.

Тела, в которых атомы расположены хаотически, т. е. в беспорядке, называются *аморфными*. К ним относятся клей, пластмассы, стекло, смолы и др.

---

* М. В. Ломоносов. Первые основания металлургии или рудных дел. Соч., т. 7. Изд-во АН СССР, 1934, стр. 25.

Кристаллические решетки металлов могут быть различных типов. На рис. 3 показано расположение атомов (ионов) в элементарных кристаллических решетках трех типов: кубической объемно-центрированной, кубической гранецентрированной и гексагональной.

Кубическая объемно-центрированная решетка представляет собой центрированный куб с девятью атомами, из которых восемь атомов размещены в вершинах куба и один в центре (рис. 3, *а*).

Кубическая с центрированными гранями решетка имеет четырнадцать атомов, восемь расположенных по углам решетки и шесть в центре каждой грани (рис. 3, *б*).

Гексагональная решетка (рис. 3, *в*) имеет семнадцать атомов, из которых двенадцать размещены в вершинах шестигранной призмы, два — в центре оснований и три — в среднем сечении.

Размеры кристаллической решетки характеризуются ее параметрами. Размер кубических кристаллических решеток определяется одним параметром — длиной ребра a куба; размер гексагональной кристаллической решетки — двумя параметрами a и c или отношением $\frac{c}{a}$.

Многократная повторяемость кристаллических решеток образует кристалл.

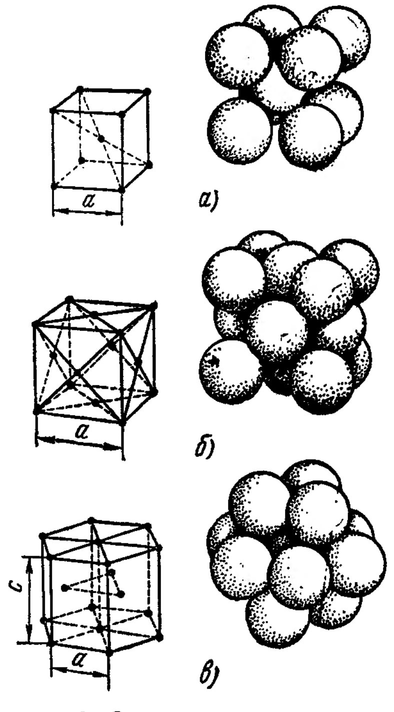


Рис. 3. Элементарные кристаллические решетки:

а — кубическая объемно-центрированная, *б* — кубическая гранецентрированная, *в* — гексагональная

§ 3. ПРОЦЕСС КРИСТАЛЛИЗАЦИИ

Свойства металлов и сплавов зависят от формы кристаллов, от числа частиц, составляющих отдельные кристаллы, от расстояния между частицами в кристаллах, от взаимного расположения кристаллов.

Большое влияние на свойства металлов и сплавов оказывают также особенности процесса кристаллизации, т. е. явления, сопутствующие переходу металлов и сплавов из жидкого состояния в твердое.

Температура, при которой металл или сплав переходит из жидкого состояния в твердое, называется критической температурой или критической точкой.

Схема образования кристаллических зерен изображена на рис. 4. При определенной для каждого металла температуре в жидком металле или сплаве появляются центры кристаллизации (рис. 4, *а*).

По мере охлаждения появляются новые центры и происходит рост старых (рис. 4, *б*, *в*, *г*, *д*). На этой стадии в жидком металле могут образоваться кристаллы правильной геометрической фор-

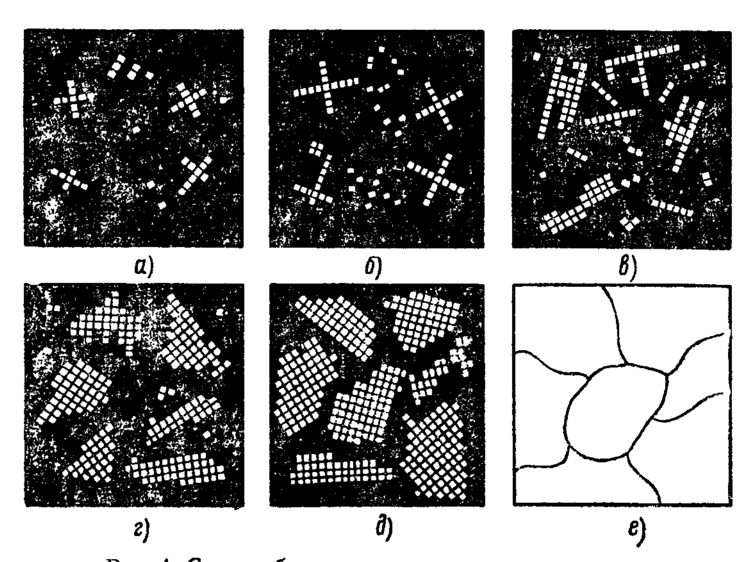


Рис. 4. Схема образования кристаллических зерен:
а — группы кристаллов (центры кристаллизации), *б*, *в*, *г*, *д* — рост возникших групп и появление новых центров, *е* — искажение формы кристаллов

мы, так как формированию их не препятствуют соседние кристаллы.

Перед полным затвердеванием свободный рост кристаллов прекращается и форма их искажается вследствие взаимного давления (рис. 4, *е*). Таким образом, в изломе застывшего металла образуются кристаллы уже неправильной формы, называемые зернами. Темные извилистые линии обозначают границы зерен.

Процесс образования зерен имеет большое практическое значение, так как от их расположения, формы и особенно от величины зависят свойства металла. Это впервые обнаружил Д. К. Чернов. Он установил, что в местах разрыва стволов артиллерийских орудий сталь имеет крупнозернистое строение и отличается меньшей прочностью по сравнению с мелкозернистой сталью.

О величине зерен, или зернистости, по излому металлов можно судить только приблизительно. Правильное представление о зернах дает металлографическое исследование шлифа металлов *.

* Исследование с помощью металлографического или электронного микроскопа.

Шлифом называется тщательно отполированная и протравленная особым составом поверхность металла. Величина зерен выражается их числом на 1 $см^2$ поверхности шлифа.

Металлы и сплавы, имеющие мелкозернистое строение, обладают большей прочностью, более высокой твердостью и лучшей обрабатываемостью, нежели металлы и сплавы с крупным зерном.

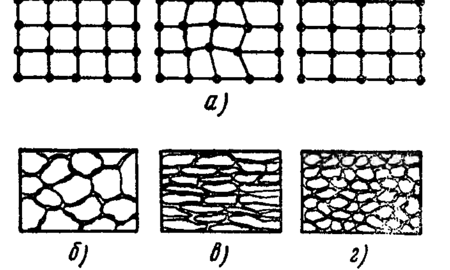


Рис. 5. Схема изменения микроструктуры металла:

а, б — кристаллическая структура до деформации, *в* — после деформации, *г* — после рекристаллизации

В производстве черных и цветных сплавов широко практикуют искусственное изменение размера и формы зерен введением в расплавленные металлические сплавы незначительных доз модификаторов — веществ, почти не меняющих химические составы самих сплавов, но способствующих кристаллизации и получению сплавов с улучшенными механическими свойствами.

Изменить величину и форму зерен можно также и механическим воздействием, например ковкой, штамповкой, прокаткой, волочением, вызывающим в металле пластическую деформацию металла.

Пластическая деформация протекает путем смещения (сдвигов) тонких слоев металла (пачек) в кристалле относительно друг друга по плоскостям скольжения под влиянием механических усилий. Металл в результате пластической деформации становится более прочным (упрочняется).

Упрочнение металла в процессе пластической деформации называют наклепом. Этим явлением часто пользуются для повышения прочности деталей (обдувка дробью, обкатка роликом и т. д.).

В результате пластического деформирования зерна размельчаются, принимают вытянутую форму, напоминающую по виду волокна (рис. 5). Такое строение металла обеспечивает различные свойства в разных направлениях и не является устойчивым. При нагреве пластически деформированного металла строение его восстанавливается. Возникают новые зерна с недеформированной кристаллической решеткой. Этот процесс называется рекристаллизацией.

Температуру, при которой начинают возникать новые зерна с недеформированной кристаллической решеткой, называют температурой рекристаллизации.

На рис. 5, *а* показана кристаллическая структура, а на рис. 5, *б* — структура до деформации, на рис 5, *в* — пластически деформированный металл (волокна), на рис. 5, *г* — структура после рекристаллизации.

Глава II

СВОЙСТВА МЕТАЛЛОВ И ИХ СПЛАВОВ

В зависимости от назначения изготовляемых изделий металлы и сплавы должны обладать определенными свойствами.

Эти свойства разделяются на четыре группы: физические, химические, механические и технологические.

§ 4. ФИЗИЧЕСКИЕ И ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА

К физическим свойствам металлов и сплавов относятся: удельный вес, плотность, температура плавления, теплопроводность, тепловое расширение, удельная теплоемкость, электропроводность и способность намагничиваться.

Плотностью m называется количество вещества, содержащееся в единице объема V.

Численное значение плотности почти совпадает с удельным весом, т. е. весом единицы объема данного вещества. Поэтому для определения плотности данного металла находят его удельный вес. Единицей измерения удельного веса является *Г/см*³. Так как 1 *см*³ воды весит 1 *Г*, то за единицу удельного веса принимается удельный вес воды. Металлы имеют различную плотность (табл. 1).

Зная удельный вес d металла, можно найти вес P любого изделия, если известен объем V изделия, а также можно определить объем изделия, зная его вес. Удельный вес, объем и вес находятся в такой зависимости:

$$d=\frac{P}{V},$$

где P — вес изделия, *Г*;
V — объем изделия, *см*³;
d — удельный вес, *Г/см*³.

Отсюда

$$P=dV, \quad V=\frac{P}{d}.$$

Пример. Определить вес медного листа длиной 120 *см*, шириной 80 *см*, толщиной 4 *мм*.

Находим объем медного листа: $V=120\times80\times0{,}4=3840$ *см*³. Удельный вес меди 8,9 *Г/см*³, определяем вес листа:

$$P=dV=8{,}9\times3840=34 \text{ кГ } 176 \text{ Г}.$$

Температура плавления — это температура, при которой металл полностью переходит из твердого состояния в жидкое. Каждый металл имеет свою определенную температуру плавления. В табл. 1 приведены значения температур плавления металлов.

Путем сплавления различных металлов можно получить сплавы, имеющие очень низкую температуру плавления. Известны сплавы, расплавляемые при 60—70° С, а образующие их металлы

(элементы) в отдельности имеют температуру плавления не ниже 200° С. Сплавлением получают тугоплавкие сплавы.

Теплопроводность — это свойство тел проводить с той или иной скоростью тепло при нагревании. Чем лучше металл проводит тепло, тем быстрее и равномернее он нагревается и отдает тепло при охлаждении.

Для полного прогрева металла, обладающего низкой теплопроводностью, требуется больше времени, чем для металла с высокой теплопроводностью, а при быстром охлаждении в первом могут образоваться трещины, что учитывают при термической обработке. Единицей измерения теплопроводности служит количество тепла (*кал*), распространяющегося по единице длины металла через единицу площади его поперечного сечения в единицу времени (*кал/см·с·град* или *ккал/м·ч·град*).

Теплопроводность всякого металла уменьшается при повышении температуры и возрастает при ее понижении.

Тепловое расширение — свойство металлов расширяться при нагревании. При охлаждении происходит обратное явление. Изменение объема и линейных размеров металлов в зависимости от температуры учитывают в строительстве (мостовые фермы, рельсы и пр.), при горячей ковке (уменьшение размеров заготовки при охлаждении), при точных измерениях (показания измерительных инструментов в зависимости от температуры могут быть различны).

Изменение длины стального стержня при изменении температуры на 1° С называется коэффициентом линейного расширения.

Коэффициенты линейного расширения некоторых металлов приведены в табл. 1.

Таблица 1

Физические свойства металлов

Название металла	Плотность, *г/см³*	Температура плавления, °С	Коэффициент линейного расширения $\alpha\ 10^{-6}$	Удельная теплоемкость *C*, *кал/г·град*	Теплопроводность λ, *кал/см·с·град*	Удельное электрическое сопротивление при 20 °С $\frac{ом \cdot мм^2}{м}$
Алюминий	2,7	660	23,9	0,21	0,48	0,029
Вольфрам	19,3	3377	4,4	0,032	0,38	0,060
Железо	7,86	1539	11,9	0,11	0,14	0,10
Кобальт	8,9	1480	12,7	0,10	0,16	0,104
Магний	1,74	651	26,0	0,25	0,37	0,044
Медь	8,92	1083	16,4	0,09	0,98	0,017
Никель	8,9	1455	13,7	0,11	0,198	0,13
Олово	7,31	232	22,4	0,055	0,16	0,124
Свинец	11,3	327	29,3	0,031	0,084	0,208
Титан	4,5	1660	7,14	0,11	0,036	0,90
Хром	7,1	1800	8,4	0,111	0,07	0,026
Цинк	7,14	420	39,5	0,093	0,27	0,061

Удельная теплоемкость — это количество тепла, которое необходимо для повышения температуры 1 *г* вещества на 1° С. Металлы по сравнению с другими веществами обладают меньшей теплоемкостью, поэтому их нагревают без больших затрат тепла.

Электропроводность — это способность металлов проводить электрический ток.

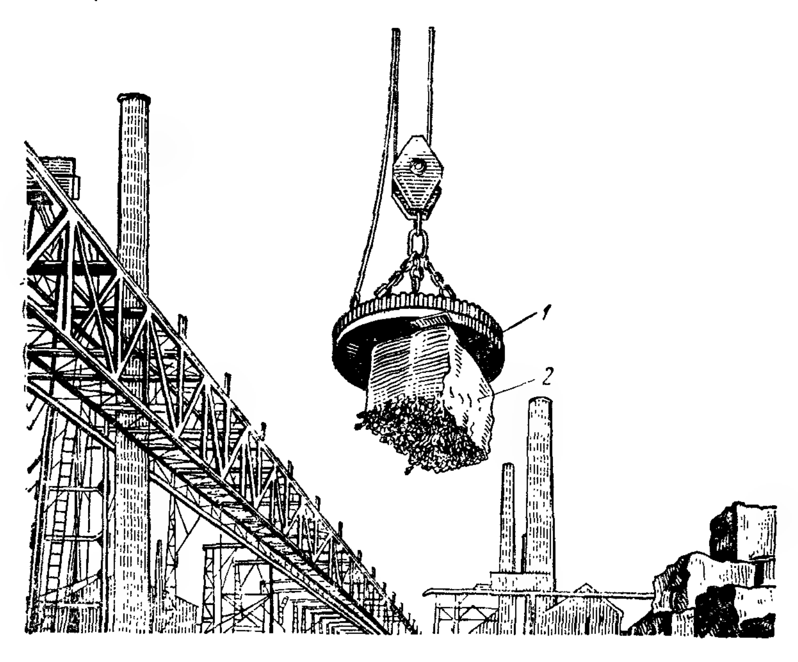


Рис. 6. Электромагнит для поднятия тяжести:
1 — плита, *2* — металлический лом (спакетированная стружка)

Важным электрическим свойством металлов является удельное электрическое сопротивление ϱ(ро), под которым понимают электрическое сопротивление, приходящееся на единицу длины проводника при площади поперечного сечения проводника, равной единице. Удельное электрическое сопротивление широко используемых металлов приведено в табл. 1.

Магнитные свойства — это способность металла создавать собственное магнитное поле либо самостоятельно, либо под действием внешнего магнитного поля.

Особенно высокими магнитными свойствами отличаются некоторые стали. Из таких сталей изготовляют электромагниты, служащие для поднятия и переноски заготовок, изделий и лома из стали и чугуна (рис. 6), для отделения железной руды от веществ, не содержащих железа. Электромагниты также применяют в качестве деталей электрических генераторов и двигателей, радио-телефонной и телеграфной аппаратуры и т. д. Они приводят в действие

автоматические рубильники, пусковые механизмы, железнодорожные стрелки и т. п.

Химические свойства — это свойства металлов и металлических сплавов, определяющие отношение к химическим воздействиям различных активных сред (окисляемость, растворимость, коррозионная стойкость). Каждый металл или сплав обладает определенной способностью сопротивляться воздействию этих сред.

Химические воздействия среды проявляются в различных формах; под влиянием химического воздействия кислорода воздуха и влаги металлы подвергаются коррозии: чугун ржавеет, бронза покрывается зеленым слоем окиси, сталь при нагреве в закалочных печах без защитной атмосферы окисляется, превращаясь в окалину, а в серной кислоте растворяется. Поэтому для практического использования металлов и сплавов необходимо знать их химические свойства.

Металлы и сплавы, стойкие против окисления при сильном нагреве, называются жаростойкими или окалиностойкими. Такие металлы применяются для изготовления различных деталей топок, труб паровых котлов, сильно нагревающихся деталей автомобилей и др.

§ 5. МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА

Знание только физических и химических свойств не дает возможности судить о поведении металлов под действием усилий, которым они подвергаются при обработке или эксплуатации. Необходимо знать механические свойства, т. е. способность металла сопротивляться деформации и разрушению при воздействии на него внешних сил, которые принято называть нагрузками. По характеру действия нагрузки делятся на статические и динамические.

Статической нагрузкой называют нагрузку, возрастающую медленно от нуля до некоторого максимального значения и далее остающуюся постоянной или меняющейся незначительно.

Динамической нагрузкой называют нагрузку, возникающую в результате удара, когда действие нагрузки исчисляется малыми долями секунды.

Виды деформации

Изменение формы твердого тела под действием приложенных к нему внешних сил (нагрузок) называется деформацией тела.

Деформации, исчезающие после снятия нагрузки (т. е. материал принимает первоначальные размеры и форму), называют упругими; деформации, не исчезающие после снятия нагрузки (т. е. материал сохраняет полученное удлинение), называют остаточными или пластическими.

Различают следующие основные виды деформации: сжатие, растяжение, кручение, сдвиг (срез), изгиб (рис. 7).

Сжатие — это деформация, характеризуемая уменьшением объема тела под действием сдавливающих его сил. Сжатие испытывают колонны, на которые опираются своды, фундаменты машин, котлов и др.

Растяжение — это деформация, характеризуемая увеличением длины тела (стержня), когда к обоим его концам приложены силы, равнодействующие которых направлены вдоль оси тела (стержня). Растяжение испытывают тросы, к которым подвешены грузы, болты, крепящие детали и механизмы, приводные ремни и др.

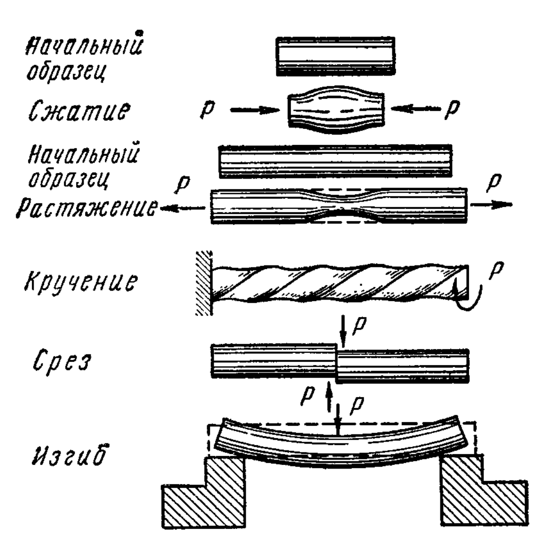


Рис. 7. Основные виды деформации

Кручение — это деформация тела (стержня, бруска) с одним закрепленным концом под действием пары сил (две равные противоположно направленные силы), плоскость которых перпендикулярна к оси тела (например, валы станков, двигателей) и т. п.

Произведение силы, вызывающей скручивание, на расстояние между обеими силами называется крутящим моментом.

Сдвиг (срез). Если две силы направлены друг другу навстречу и направление сил лежит не на одной прямой, но близко друг к другу, то при достаточной величине сил происходит срез. На срез работают заклепки, стяжные болты и др.

Деформация, предшествовавшая срезу и заключающаяся в перекашивании прямых углов элементарных параллелепипедов, называется сдвигом. При сдвиге соседние сечения детали сдвигаются одно относительно другого, оставаясь параллельными.

Изгиб — это деформация тела (бруса, балки) под действием внешних сил, сопровождающаяся изменением кривизны деформируемого тела.

Изгиб испытывают балки, на которых подвешены тали для подъема груза, стрелы подъемных кранов, рельсы под тяжестью поезда, валы машин и т. д.

Длинные и сравнительно тонкие детали (валы, трубы, брусья, балки), находящиеся на двух опорах, подвергаются также деформации изгиба только от собственного веса, если расстояние между опорами больше допустимых пределов для данного сечения детали.

Основными показателями, характеризующими механические свойства металлических материалов, являются прочность, пластичность, твердость, ударная вязкость.

Прочность

Под прочностью металла или сплава понимают его свойство сопротивляться разрушению под действием внешних сил (нагрузок). В зависимости от характера действия этих сил различают прочность на растяжение, сжатие, изгиб, кручение, усталость и ползучесть.

Для испытания на растяжение из металла или сплава изготовляют образцы, форма и размеры которых установлены государственным стандартом (рис. 8).

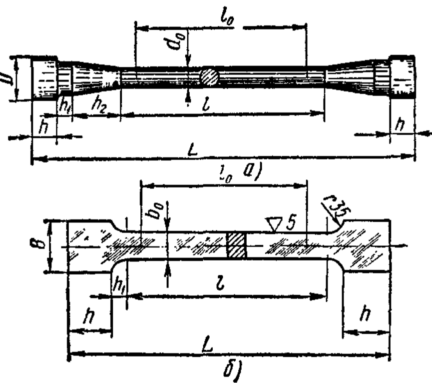


Рис. 8. Образцы для испытания иа растяжение:

а — цилиндрический, *б* — плоский; *D* — диаметр головки, *B* — ширина головки, d_0 — начальный диаметр рабочей части, b_0 — начальная толщина рабочей части, *h* — длина головки, h_1 — длина перехода от рабочей части к головке, h_2 — конусная часть, *L* — общая длина образца, *l* — длина рабочей частн образца, l_0 — иачальная расчетная длина рабочей частн образца

Расчетная длина образцов равна десятикратному или пятикратному диаметру, образец диаметром 20 *мм* принято называть нормальным.

Головки образцов, помещаемые в захваты разрывных машин, а также закругления переходной части, не участвующие в испытании, имеют также установленные размеры.

Если профиль металла не позволяет изготовить образцы круглого сечения (например, из листового металла), для испытания берут плоские образцы. Испытание прочности труб, тонких прутков и проволоки производится в натуральном виде, т. е. без изготовления образцов.

Испытание на растяжение производится на разрывных машинах (рис. 9). Наиболее распространенной является разрывная машина ИМ12А. Основной ее частью является станина, захваты *3* и *5* служат для закрепления испытуемого образца *4*. Верхний захват *5* связан с устройством для измерения силы, а нижний *3* при помощи особого механизма во время испытания перемещается с постоянной скоростью 2 *мм/мин*, растягивая образец.

При увеличении силы, растягивающей образец, верхний захват несколько смещается вниз и поворачивает верхний рычаг *6*. Второй конец этого рычага соединен с маятником *1*. Чем больше сила, растягивающая образец, тем дальше отклоняется маятник от положения равновесия. На оси маятника закреплена стрелка, указывающая на шкале силу, приложенную к образцу, в любой момент испытания.

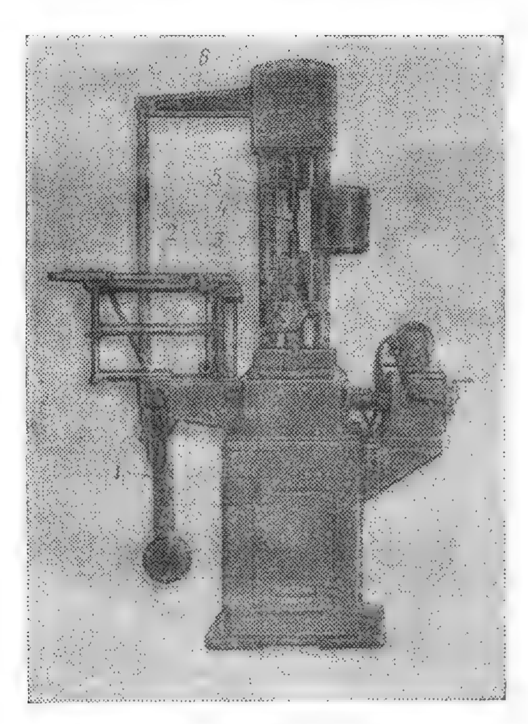


Рис. 9. Машина ИМ12А для испытания металлов на растяжение:

1 — маятник, *2* — диаграммный механизм, *3* — нижний захват, *4* — образец, *5* — верхний захват, *6* — верхний рычаг

Машина имеет механизм, который автоматически записывает на бумажной ленте диаграмму растяжения, позволяющую установить зависимость между приложенной к образцу нагрузкой и его удлинением. Машина ИМ12А рассчитана на усилие 12 *Т*.

Эта диаграмма характеризует поведение материала при разных нагрузках. Условная диаграмма растяжения для мягкой углеродистой стали изображена на рис. 10.

По вертикальной оси от точки *О*, т. е. снизу вверх, на диаграмме отложены величина нагрузки, приложенной к образцу. На горизонтальной оси отложены величины удлинения образца в каждый момент испытания. Любая точка на кривой диаграммы показывает напряжение образца, характеризуемое отношением величины нагрузки в данной точке к первоначальной площади его поперечного сечения.

Отрезок прямой OP_p на диаграмме от точки *О* до P_p показывает, что между нагрузкой, прилагаемой к образцу, и его удлинением существует пропорциональная зависимость, т. е. во сколько раз увеличилась нагрузка, во столько же раз возросло удлинение образца. Такая зависимость сохраняется до нагрузки, соответствующей точке P_p, при которой напряжение образца достигает предела пропорциональности. При более высокой нагрузке пропорциональная зависимость между нагрузкой и удлинением образца нарушается: удлинение растет быстрее, чем нагрузка.

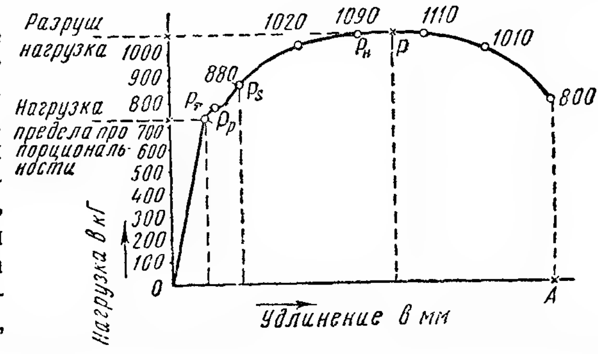


Рис. 10. Диаграмма растяжения для мягкой углеродистой стали

Напряжение в

точке $P_р$ может приближенно характеризовать и предел упругости данного металла, т. е. условное напряжение, при котором остаточное удлинение впервые достигает некоторой малой величины.

При дальнейшем увеличении нагрузки (выше точки $P_р$) на горизонтальном участке в точке P_s происходит удлинение без приращения нагрузки. Если металл обладает достаточной пластичностью, он как бы «течет», т. е. образец удлиняется при достигнутой постоянной величине нагрузки.

Нагрузка $P_в$ вызывает напряжение, называемое пределом текучести металла $\sigma_т$.

Следовательно, предел текучести

$$\sigma_т = \frac{P_в}{F_0} \; кГ/мм^2,$$

где $P_в$ — наибольшая нагрузка, при которой образец разрушается, *кГ*;

F_0 — площадь поперечного сечения образца до разрыва, *мм*^{2}.

Предел текучести и предел прочности являются важнейшими характеристиками при расчете прочности детали.

При нагрузке выше точки P_s происходит непрерывное удлинение образца. В точке $P_н$, т. е. при наибольшей нагрузке, предшествующей разрыву, образец начинает уменьшаться в поперечном сечении. Затем образец разрушается, что сопровождается некоторым падением нагрузки. По положению точки P определяют величину нагрузки, соответствующую пределу прочности при растяжении.

Пластичность металла характеризуется длиной участка *ОА* на горизонтальной оси. Чем больше длина участка, тем пластичнее металл.

Пластичность

Пластичностью называют способность металла, не разрушаясь, изменять форму под действием нагрузки и сохранять измененную форму после того, как нагрузка будет снята.

Пластичность металлов определяют также при испытании на растяжение. Под действием нагрузки образцы разных металлов удлиняются, а их поперечное сечение становится меньше. По величине удлинения образца и величине уменьшения его поперечного сечения судят о пластичности. Чем больше удлиняется образец, тем более пластичен металл. Пластичные металлы и сплавы хорошо поддаются обработке давлением.

В противоположность пластичным хрупкие металлы при испытании на разрыв под действием нагрузки разрушаются без изменения формы, т. е. они не получают удлинения или оно незначительно.

Характеристикой пластичности металлов являются относительное удлинение и относительное сужение.

Относительным удлинением δ (дельта) называется отношение величины приращения длины образца после разрыва к его первоначальной длине, выраженное в процентах. Таким образом, общее выражение для расчета величины относительного удлинения имеет следующий вид:

$$\delta = \frac{l_1 - l_0}{l_0} \cdot 100\%,$$

где l_1 — длина после разрыва, *мм*;

l_0 — первоначальная длина расчетной части образца, *мм*.

Относительное сужение ψ (пси) — отношение уменьшения площади поперечного сечения образца после испытания к первоначальной площади его поперечного сечения, выраженное в процентах:

$$\psi = \frac{F_0 - F_1}{F_0} \cdot 100\%,$$

где F_0 — площадь поперечного сечения образца до начала испытания, *мм*²;

F_1 — площадь поперечного сечения в месте разрыва образца после испытания, *мм*².

Ударная вязкость

Ударной вязкостью называется способность металлов и сплавов оказывать сопротивление действию ударных нагрузок. Вязкость — свойство, противоположное хрупкости.

Ударная вязкость является важной характеристикой материала деталей, которые в процессе работы машины испытывают кратковременную ударную нагрузку (например, коленчатые валы, оси колес и др.).

Для испытания материала на ударную вязкость изготовляют стандартные образцы с надрезом в виде брусков с квадратным сечением и определенных размеров. Испытание производят на машинах, имеющих различное устройство и называемых маятниковыми копрами. Один из таких копров показан на рис. 11. Маятник *1* весом 10, 15 или 30 *кГ*, укрепленный на станине *2*, поднимают на высоту H и закрепляют в этом положении защелкой. После освобождения защелки маятник падает и производит удар по образцу *3* со стороны, противоположной надрезу.

Разрушение образцов имеет различный характер. У хрупких металлов образцы разрушаются без изменения формы, у вязких металлов они подвергаются значительному изгибу в месте излома.

Чтобы измерить ударную вязкость металла, сначала вычисляют, какая работа A затрачена грузом маятника на разрушение образца. Эта работа определяется по формуле

$$A = P(H - h)\ кГ \cdot м,$$

где P — вес маятника, *кГ*;

H — высота подъема центра тяжести маятника до удара, *м*;

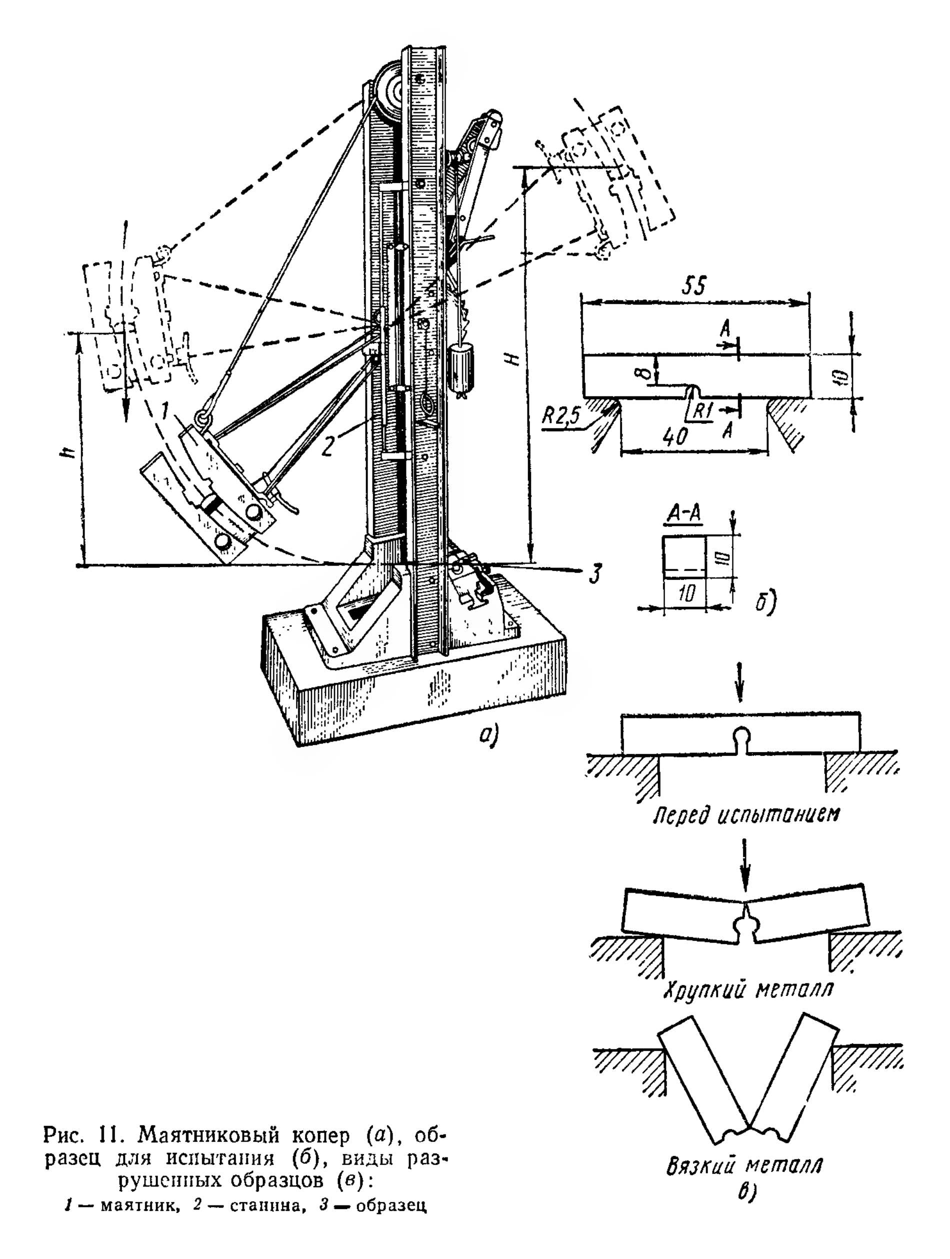


Рис. 11. Маятниковый копер (*а*), образец для испытания (*б*), виды разрушенных образцов (*в*):
1 — маятник, *2* — станина, *3* — образец

h — высота подъема центра тяжести маятника после удара, *м*.

Мерой ударной вязкости служит отношение величины указанной работы A к площади поперечного сечения образца F_0 в месте надреза. Полученная таким путем величина ударной вязкости обозначается буквой $a_н$:

$$a_н = \frac{A}{F_0} \ кГ \cdot м/см^2.$$

Величина ударной вязкости $a_н$ ($кГ \cdot м/см^2$) для металлов: чугун 0,1—0,4, стальные заготовки 2—7, медь 5—5,5, никель 18—18,5, цинк 0,6—0,7.

При испытании на маятниковом копре следует выполнять правила техники безопасности, указанные в соответствующей инструкции.

Твердость

Твердостью называется свойство металла оказывать сопротивление проникновению в него другого, более твердого тела, не получающего остаточных деформаций.

Твердость тесно связана с такими основными характеристиками металлов и сплавов, как прочность, износоустойчивость, и является важной характеристикой металла для выбора режущих инструментов (напильников, резцов, метчиков, сверл и др.). Часто по измеренной твердости металла судят о его способности сопротивляться износу, например, чем тверже сталь, тем меньше она изнашивается, и наоборот.

Имеется несколько методов определения твердости, особенно широкое распространение получили следующие из них:

вдавливание шарика из твердой стали (метод Бринелля) (ГОСТ 9012—59);

вдавливание вершины алмазного конуса (метод Роквелла) (ГОСТ 9013—59);

вдавливание вершины алмазной пирамиды (метод Виккерса) (ГОСТ 2999—59).

Для измерения твердости применяют стационарные и переносные приборы.

Метод Бринелля заключается в том, что шарик из закаленной стали под действием нагрузки P (рис. 12) вдавливается в зачищенную поверхность металла. Диаметр шарика D, нагрузку P и время выдержки при этой нагрузке выбирают в зависимости от твердости и толщины испытуемого металла по соответствующим справочникам. Например, для черных металлов твердостью HB 140—450 и толщиной испытуемого образца от 6 до 3 *мм* используют шарик диаметром 10 *мм*, нагрузку 3000 *кГ* и время выдержки 10 *с*; образцы толщиной менее 2 *мм* испытывают шариком диаметром 2,5 *мм*; для цветных металлов твердостью HB 35—130 и толщиной образца от 6 до 3 *мм* используют шарик диаметром 5 *мм*, нагрузку 250 *кГ* и время выдержки 30 *с*. Мето-

дом Бринелля нельзя определять твердость металлов более HB 450, так как под значительной нагрузкой стальной шарик изменяет форму и дает неправильный отпечаток.

Испытание на твердость металла по методу Бринелля вдавливанием стального шарика производят на приборе ТБ (рис. 12, *а*). Стальной шарик крепят в шпинделе *1* прибора. Испытуемый образец *2* ставят на предметный столик *3*, который подводят к шарику

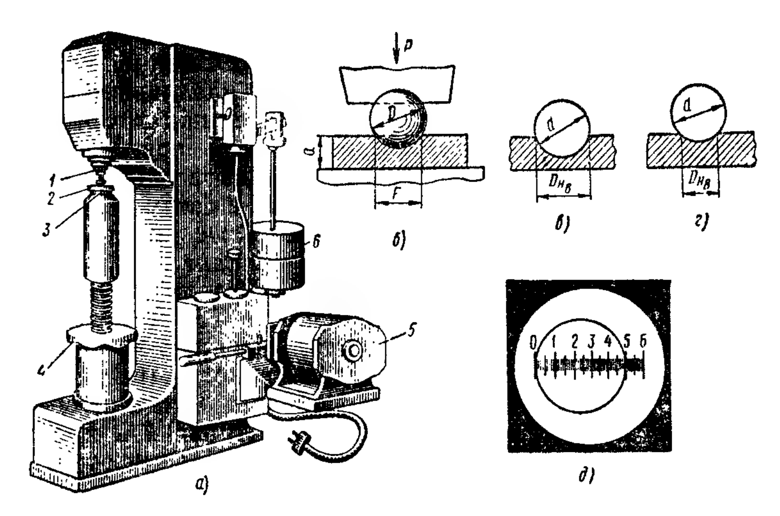


Рис. 12. Определение твердости металла по Бринеллю:

а — общий вид пресса, *б* — схема испытания, *в* — отпечаток на мягком металле, *г* — отпечаток на твердом металле, *д* — проверка результатов испытания; *1* — шпиндель, *2* — испытуемый образец, *3* — столик, *4* — маховик, *5* — электродвигатель, *6* — груз

вращением маховика *4*. При включении электродвигателя *5* груз *6* опускается и стальной шарик с помощью рычажной системы вдавливается в образец (рис. 12, *в*, *г*). Сначала вдавливание производится медленно, затем постепенно нагрузка увеличивается и выдерживается для получения точных границ отпечатка (рис. 12, *б*).

Исследуемый образец снимают со столика и измеряют диаметр полученного отпечатка (лунки) при помощи специальной лупы с ценой деления шкалы 0,1 *мм* (рис. 12, *д*).

Твердость по Бринеллю обозначается буквами HB и определяется как отношение нагрузки P (*кГ*), приходящейся на 1 *мм*² сферической поверхности отпечатка F, по формуле

$$HB = \frac{P}{F} \text{ кГ/мм}^2,$$

где P — величина нагрузки, *кГ*;

F — площадь сферической поверхности отпечатка, *мм*².

Поверхность испытуемого образца обрабатывается в виде плоскости так, чтобы края отпечатка были достаточно отчетливы для

измерения его диаметра с требуемой точностью. Поверхность испытуемого образца должна быть свободна от окалины и других включений.

Метод Роквелла отличается от метода Бринелля тем, что измеряется не диаметр отпечатка (лунки), а его глубина. Чем больше глубина вдавливания, тем меньше твердость испытуемого образца.

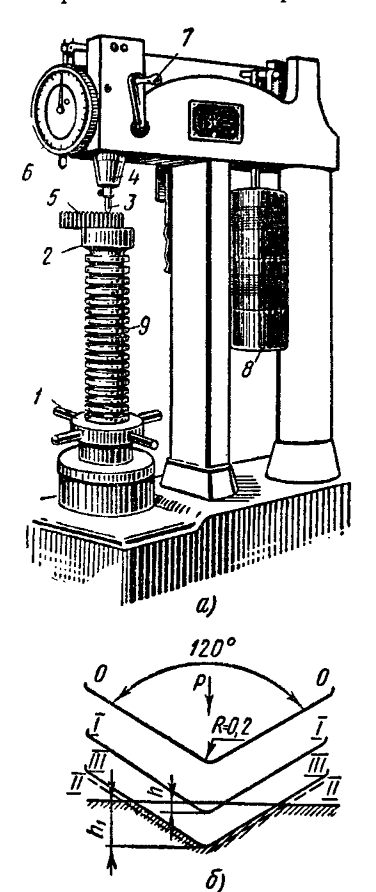


Рис. 13. Определение твердости металла по Роквеллу:

а — прибор ТР, *б* — схема испытания вдавливанием алмазного конуса; *1* — маховик, *2* — столик, *3* — алмазный конус, *4* — шпиндель, *5* — испытуемый образец, *6* — индикатор, показывающий величину вдавливания, *7* — ручка, *8* — грузы, *9* — подъемный винт; *I—I* — углубление конуса под действием предварительной нагрузки, *II—II* — углубление конуса под действием полной нагрузки, *III—III* — углубление конуса при уменьшении полной нагрузки до значения предварительной нагрузки

Алмазный конус с углом вершины 120° С и радиусом при вершине 0,2 *мм* (или стальной шарик диаметром 1,59 *мм*) вдавливается в испытуемый образец под действием двух последовательно прилагаемых нагрузок — предварительной нагрузки, равной 10 *кГ*, а затем полной (предварительная плюс основная) нагрузки 60 *кГ* (шкала *А*) или 150 *кГ* (шкала *С*). Испытание производится на приборе ТР. Алмазный конус (или стальной шарик) *3* крепят в шпинделе *4* прибора (рис. 13). Испытуемый образец *5* устанавливают на предметный столик *2* и поднимают при помощи подъемного винта *9* вращением маховика *1*. Ручкой *7* освобождают груз *8*, который создает усилие для вдавливания алмазного конуса (или стального шарика) *3* в металл. Величину вдавливания определяют непосредственно по шкалам *А*, *В* и *С* циферблата индикатора *6* (без измерения отпечатка и расчетов).

При измерении твердости стандартной нагрузки 150 *кГ* значение твердости *HR* отсчитывается по наружной черной шкале *С* индикатора, причем к обозначению твердости добавляется индекс шкалы *С*, т. е. *HRC*.

При измерении твердости тонкого образца и поверхностного слоя металла со стандартной нагрузкой 60 *кГ* отсчет ведется по черной шкале *А*; к обозначению твердости добавляется индекс шкалы *А*, т. е. *HRA*

При измерении твердости мягких металлов (цветных металлов, отожженной стали) стальным шариком со стандартной нагрузкой

100 кГ отсчет ведется по внутренней красной шкале B; к обозначению твердости добавляется индекс шкалы B, т. е. HRB.

Метод Виккерса применяется для испытания черных и цветных металлов и твердых сплавов, мелких деталей и твердых тонких поверхностных слоев — цементированных, азотированных и др.

При испытании твердости методом Виккерса на стационарном приборе ТВ в образец под нагрузкой до 100 кГ вдавливается вершина алмазной четырехгранной пирамиды с углом между гранями 136°, затем при помощи микроскопа, присоединенного к прибору, определяется размер диагонали отпечатка квадратной формы.

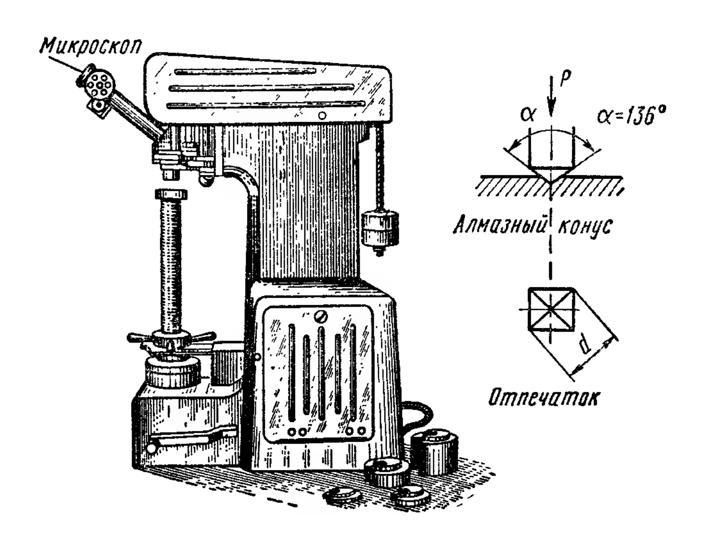


Рис. 14. Прибор и схема определения твердости металла по Виккерсу

На рис. 14 изображены прибор ТВ для испытания твердости вдавливанием вершины алмазной пирамиды, наконечник четырехгранной алмазной пирамиды и схема измерения диагонали отпечатка квадратной формы, оставленного вершиной алмазной пирамиды на поверхности испытуемого металла.

Этот метод дает очень точные показатели и применим к металлам любой твердости. Преимуществом метода Виккерса является возможность испытания тонкого слоя поверхности металла после различных видов обработки.

Твердость металла определяется отношением нагрузки P в кГ, создаваемой прибором, к площади отпечатка F в $мм^2$, вычисленной по его диагонали, и обозначается HV:

$$HV = \frac{P}{F} \text{ кГ/мм}^2.$$

Обычно твердость по Виккерсу определяется по специальным таблицам по значению длины диагонали отпечатка.

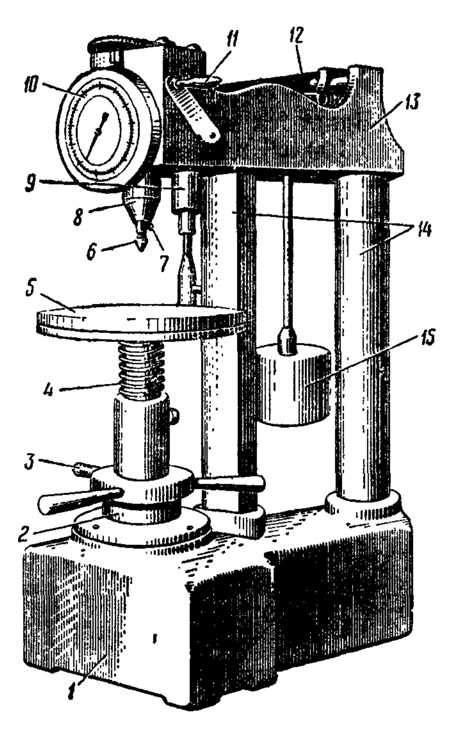


Рис. 15. Твердомер ТК-3:

1 — основание, *2* — втулка, *3* — маховик, *4* — подъемный винт, *5* — столик, *6* — шарик (или алмазный конус), *7* — винт, *8* — шпиндель, *9* — масляный амортизатор, *10* — индикатор, *11* — рукоятка, *12* — рычажная система, *13* — корпус, *14* — стойка, *15* — груз

Нашей промышленностью выпускаются также твердомеры ТК-3, широко используемые в заводской практике (рис. 15). Твердомер ТК-3 предназначен для определения твердости металлов методом вдавливания алмазного конуса или стального шарика. Глубина, на которую проникает алмазный конус или стальной шарик под действием двух последовательно приложенных нагрузок, характеризует твердость испытуемого металла.

На испытуемой и опорной поверхностях не должно быть трещин, грубых следов обработки, царапин, выбоин, грязи, смазки или каких-либо покрытий.

На приборе рекомендуется производить испытания твердости металлов в следующих пределах: по шкале С от 20 до 70, по шкале В от 25 до 100.

Прибор имеет основание *1* и корпус *13*, скрепленные между собой двумя стойками *14*. На основании смонтирована втулка *2*, в которой с помощью маховика *3* перемещается подъемный винт *4*. На винт устанавливается предметный столик *5* для испытуемых деталей.

В корпусе *13* монтируется рычажная система *12* прибора, узел шпинделя *8* и индикатор *10*. В шпиндель вставляется алмазный конус *6* или оправка со стальным шариком диаметром 1,588 *мм*. Предварительная нагрузка создается винтом *4*, который поджимает испытуемый образец к наконечнику. Полная нагрузка передается на наконечник от груза *15*.

Приложение нагрузки осуществляется поворотом рукоятки *11* от себя, а плавность приложения нагрузки обеспечивается масляным амортизатором *9*. Величину нагрузки определяют по индикатору *10*. Цена деления шкалы индикатора соответствует углублению наконечника (конуса, шарика) на 0,002 *мм*.

По выбранной шкале подбирают грузы, устанавливают и закрепляют винтом *7* соответствующий наконечник. На стол помеща-

ют испытуемый образец и вращением маховика *3* по часовой стрелке поджимают его к наконечнику до тех пор, пока малая стрелка индикатора не станет против красной точки, а большая — в пределах пяти делений от вертикальной оси.

Вращая шкалу индикатора, нужно установить нуль шкалы С (черной шкалы) против конца большой стрелки индикатора.

Каждую деталь рекомендуется подвергать испытанию не менее трех раз. Первые два испытания после смены шарика или алмаза в расчет не принимаются. При более высокой твердости испытание шариком становится недостаточно точным ввиду малой глубины проникновения шарика в металл (меньше 0,06 *мм*).

Усталость

Усталостью металлов называют явление разрушения при многократном действии нагрузки. Повторение нагрузок значительно уменьшает прочность металла или сплава. Поэтому в технике для характеристики усталости металлов принято понятие выносливости.

Под пределом выносливости подразумевается то наибольшее напряжение, которое выдерживает металл, не разрушаясь после заданного числа перемен нагрузок (циклов).

Причиной разрушения металлов от усталости является хрупкое состояние, которое объясняется появлением в слабых местах металла постепенно увеличивающихся микротрещин. В результате разрушение наступает при напряжениях, меньших предела упругости.

Данное явление учитывают в сильно нагруженных и быстроходных машинах, в которых усталостному разрушению под действием часто повторяющихся переменных нагрузок подвержены шатуны двигателей, коленчатые валы, пальцы, поршни и другие детали. Для сталей число перемен нагрузок (циклов) установлено 10 млн., а для цветных металлов 20—100 млн. Испытание на усталость проводят на специальных машинах (типа Шенк), создающих в металле напряжения переменного изгиба при вращении стального образца, заложенного в машину. Число циклов (оборотов) испытуемых образцов до разрушения регистрируется специальным счетчиком.

§ 6. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА

При выборе металлов и сплавов для изготовления деталей, машин и конструкций большое значение имеют технологические свойства, под которыми понимают способность металла подвергаться различным видам обработки.

Из технологических свойств наибольшее значение имеют обрабатываемость, свариваемость, ковкость, прокаливаемость, жидкотекучесть.

Обрабатываемость — комплексное свойство материала, в частности металла, характеризующее способность его подвергаться обработке резанием. Обычно обрабатываемость определяется по скорости резания, по усилию резания и по чистоте обработки.

Испытание по скорости и усилию резания производится путем сравнения показателей, полученных при обработке данного металла, с показателями обрабатываемости определенной марки стали (автоматная сталь марки А12 — серы 0,8—0,20%).

Показатель чистоты обработанной поверхности определяется измерением высоты неровностей, образующихся на поверхности металла после снятия стружки режущим инструментом.

Свариваемость — свойство металла давать доброкачественное соединение при сварке, характеризующееся отсутствием трещин и других пороков металла в швах и прилегающих к шву зонах. Хорошей свариваемостью обладает низкоуглеродистая сталь, значительно худшей свариваемостью обладают чугун, медные и алюминиевые сплавы.

Свариваемость специальных сталей (за исключением хромистых), цветных металлов и сплавов при определенных технологических условиях удовлетворительная.

Ковкость — способность металлов и сплавов без разрушения изменять свою форму при обработке давлением. Железо, медь, никель, алюминий, цинк, олово, свинец, сталь, латунь и многие другие металлические материалы обладают достаточно хорошей ковкостью, что позволяет подвергать их прессованию, прокатке, протяжке, ковке и штамповке.

Хорошей ковкостью обладает сталь в нагретом состоянии, а в холодном состоянии — латунь и алюминиевые сплавы; пониженной ковкостью характеризуется бронза.

Прокаливаемость — способность стали воспринимать закалку на определенную глубину от поверхности. Прокаливаемость стали зависит от присутствия легирующих элементов в стали и размеров зерен стали. Прокаливаемость стали определяется экспериментально, путем измерения твердости в сечении закаленного образца, а также рядом других методов, например, при помощи торцовой закалки образцов.

Жидкотекучесть — способность металла или сплава в расплавленном состоянии заполнять литейную форму. Определение жидкотекучести металла производится при помощи специальных отливок в виде стержней, спиралей, решеток, клиньев и подобных проб. Для повышения жидкотекучести металлов и сплавов к ним добавляют легирующие компоненты, например фосфор — к медным сплавам и чугуну, кремний — к алюминию.

Усадкой называется уменьшение объема или линейных размеров расплавленного металла или сплава при его охлаждении до комнатной температуры. Соответствующее изменение линейных размеров, выраженное в процентах, называется линейной усадкой.

На степень усадки влияют многие факторы: химический состав металла, скорость охлаждения и др.

§ 7. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЫ

Технологическими пробами называются испытания металлов, выполняемые несложными способами и без тщательного измерения наблюдаемых свойств.

Такие испытания имеют целью выявить способность металла к тем или иным деформациям, которым он подвергается при работе или при обработке в холодном или горячем состоянии.

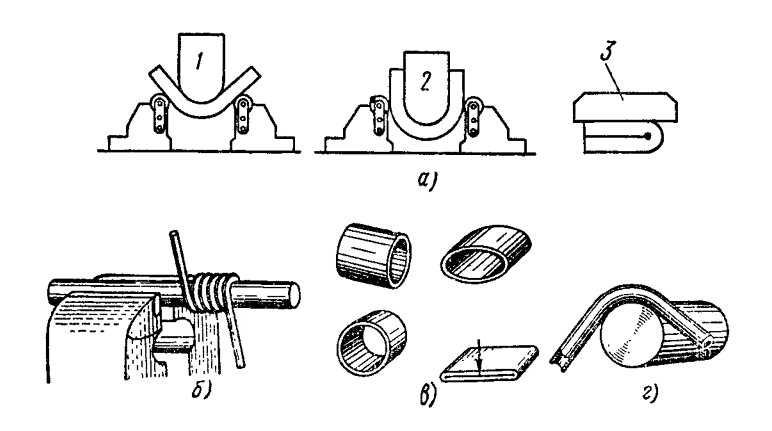


Рис. 16. Технологические пробы:

а — на загиб: *1* — на определенный угол, *2* — до параллельности сторон, *3* — до соприкосновеиня сторон; *б* — на навивание проволоки, *в* — на сплющивание труб, *г* — на загиб труб

Качество металла по технологическим пробам определяется по внешнему виду после испытания (отсутствие надрывов, трещин, расслоения или излома свидетельствует о том, что металл выдержал пробу).

Некоторые технологические пробы стандартизованы, т. е. испытания производятся по определенным правилам. Этими правилами установлены размеры и формы образцов испытуемых металлов, инструментов и приспособлений для выполнения пробы.

Проба на загиб служит для определения способности металла (листов, прутков, различных профилей и т. д.) принимать заданный по размерам и форме загиб без надрывов и трещин.

Проба на загиб применяется для пластических металлов при толщине не более 30 *мм* и производится в нагретом или холодном состоянии.

Различают загиб на определенный угол, до параллельности загнутых сторон или до соприкосновения сторон (рис. 16, *а*). Вид загиба должен быть оговорен в технических условиях.

Для проведения пробы на загиб применяют специальные машины, прессы, тиски с закругленными губками. Образцы, выдержавшие пробу, не должны иметь после загиба надлома, надрывов или трещин.

Проба на перегиб служит для определения способности металла выдерживать повторный загиб и разгиб и применяется при испытании качества полосового и листового материала длиной 100—150 *мм*, шириной до 20 *мм* и толщиной до 5 *мм*, а также проволоки и прутков диаметром от 0,8 до 7 *мм*.

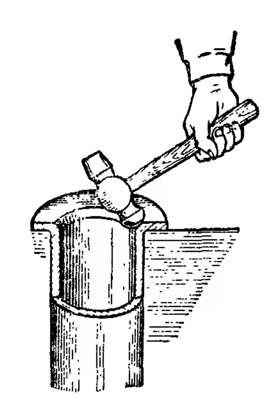


Рис. 17. Проба на бортование труб

Проба проводится только в холодном состоянии. Проба состоит в загибе и разгибе образца в плоскости, перпендикулярной линии взаимного касания губок прибора, в котором образец зажимается в вертикальном положении. Загиб образца производится попеременно в правую и левую сторону на 90° с равномерной скоростью не более 60 перегибов в минуту до определенного числа перегибов, указанного в технических условиях.

Проба на перегиб имеет важное значение для оценки способности к деформированию проволоки, при испытании которой на разрыв невозможно определить это свойство.

Проба на навивание проволоки позволяет определить способность проволоки диаметром до 6 *мм* принимать заданную форму. Кусок проволоки (рис. 16, *б*) навивают на круглый стержень (оправку) 5—10 витками. Качество проволоки определяется способностью выдерживать без повреждений навивание плотно прилегающими витками на стержень и развивание в холодном состоянии. Чем пластичнее проволока, тем плотнее будет ее прилегание к стержню.

Проба труб на сплющивание (рис. 16, *в*) производится для определения качества труб по их свойству сплющиваться без повреждений под давлением пресса, молота или от ударов молотка до предела, установленного техническими условиями. Длина образца выбирается равной диаметру трубы. В зависимости от технических условий испытание может производиться в холодном и горячем состоянии. Признаком того, что образец выдержал испытание, служит отсутствие в нем после сплющивания трещин или надрывов.

Проба труб на загиб применяется для определения способности образца трубы загибаться без повреждений. Испытание состоит в том, что заполненную сухим чистым речным песком трубу изгибают вокруг оправки на угол 90°. После загиба (рис. 16, *г*) труба не должна иметь надрывов, трещин, отслоений и других дефектов. Диаметр оправки определяется техническими требованиями.

Проба труб на бортование (рис. 17) имеет целью установить способность их подвергаться деформациям.

Определение марки стали по искре. В производственных условиях можно приблизительно определить марку стали путем искровой пробы. Основана эта проба на том, что при обработке стали абразивными кругами образуется мелкая стружка, которая, сгорая в воздухе, дает сноп искр (рис. 18, стр. 32), отличающихся друг от друга по форме и цвету. Чем больше в стали содержится углерода, тем больше в ее искрах светлых звездочек. Присутствие в стали вольфрама можно установить по красному цвету искр, наличие хрома — по оранжевому и т. д. Таким образом, при известном навыке проба на искру позволяет приблизительно судить о химическом составе стали. Более точно химический состав стали определяют в специальных заводских лабораториях.

Метод определения стали по искре применяется при наличии станков с соответствующими абразивными кругами и специальных эталонов, используемых для сравнения характера искр. При возможности следует пользоваться заводскими лабораториями.

Глава III
ЖЕЛЕЗОУГЛЕРОДИСТЫЕ СПЛАВЫ

§ 8. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О СПЛАВАХ. ПОЛУЧЕНИЕ ЧУГУНА

Железоуглеродистыми сплавами называются сплавы железа с углеродом и некоторыми другими элементами (марганцем, фосфором, серой и др.).

Процессы получения железоуглеродистых сплавов называются металлургическими.

В зависимости от содержания углерода железоуглеродистые сплавы подразделяются на две группы — чугуны и стали. Если в железоуглеродистом сплаве содержится до 2% углерода, то его называют сталью, если более 2% углерода, называют чугуном.

Наибольшее количество выплавляемого чугуна поступает на производство стали, а некоторая часть доменного чугуна поступает на производство чугунных отливок.

Основным способом получения чугуна является доменный процесс, осуществляемый в специальных (доменных) печах. Доменная печь работает непрерывно до капитального ремонта в течение многих лет.

Для выплавки чугуна нужны железная руда, флюсы и топливо.

Железные руды. Железными рудами называют горные породы, содержащие металл. Обычно в руде содержится металл в таком количестве, которое позволяет экономично и выгодно извлекать металл из руды.

Железные руды представляют собой главным образом соединение железа с кислородом (окись железа) и пустой породы

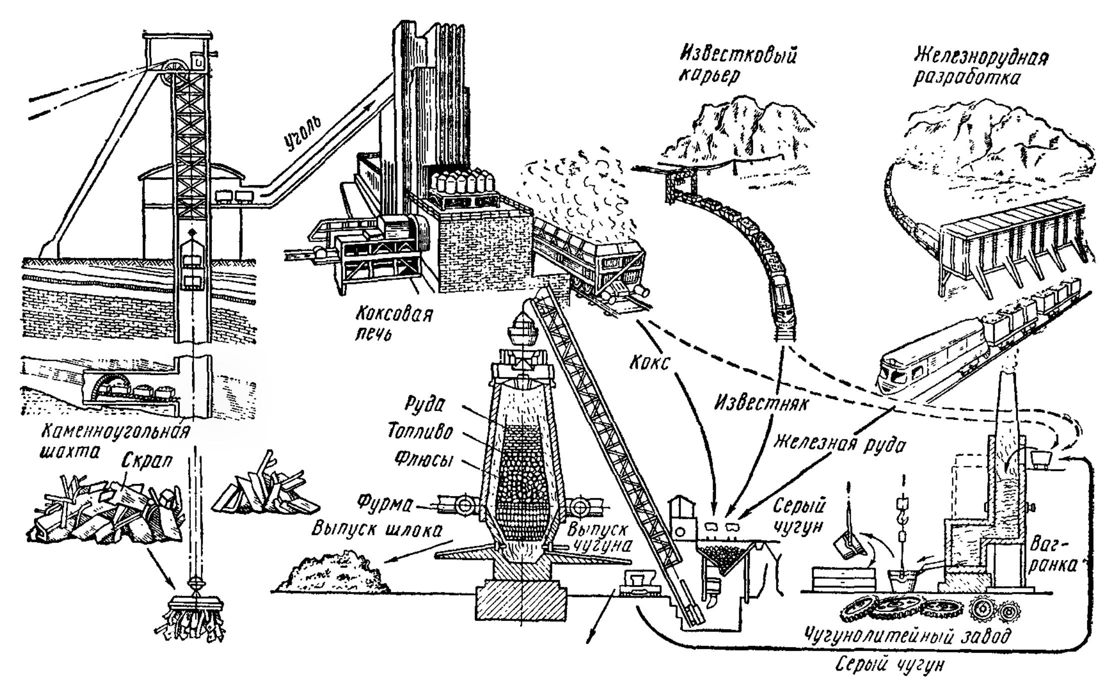


Рис. 19. Схема металлургического производства

(землистой примесью в виде песка, глины и известняка). Пригодность железной руды к плавке определяется содержанием в ней железа, составом пустой породы и количеством вредных примесей (сера, фосфор и др.).

В производстве чугуна используются только те руды, в которых железа содержится не менее 30%. Железными рудами, имеющими особенно большое промышленное значение, являются магнитный, красный и бурый железняк.

Магнитный железняк (магнезит) — минерал черного цвета, содержащий железа 45—70%. Это наиболее богатая руда, с небольшим содержанием вредных примесей — серы и фосфора, обладает магнитными свойствами, плотна. Железо восстанавливается с трудом. Залегает на Урале в горах Магнитная, Высокая, Благодать. Недавно открыты месторождения магнитного железняка в Казахстане.

Красный железняк (гематит) — минерал вишнево-красного цвета, содержащий от 55 до 60% железа. Это одна из лучших руд, в ней содержится небольшое количество вредных примесей (фосфора и серы); кроме того, эта руда весьма удобна для производства чугуна, так как железо восстанавливается легче. Богатейшие месторождения красного железняка находятся в Кривом Роге и в районе Курской магнитной аномалии.

Бурый железняк (лимонит) — минерал бурого цвета. Эта руда бедна железом (от 35 до 60%), имеет значительное количество примесей — серы, фосфора. Железо легко восстанавливается. Месторождения ее находятся на Урале (Бакальские руды с высоким содержанием железа) и на Керченском полуострове (в порошкообразном виде). Имеются также месторождения Тульское и Липецкое.

Флюсы — это различные минеральные вещества, добавляемые в доменную печь для понижения температуры плавления пустых пород, удаления золы и серы, а также остатков сгоревшего топлива. Флюсы образуют с пустой породой и золой топлива легкоплавкие сплавы, которые отделяются от металла в виде шлака. Способствуя образованию шлаков, флюсы тем самым дают возможность отделить от металла пустую породу.

При наличии в руде песчано-глинистых примесей в качестве флюса применяют известняк, а при известковистом составе пустой породы флюсом служат вещества, содержащие кремнезем, кварц и песчаник. Топливом служит кокс, наилучшим считается кузнецкий, содержащий 0,5—0,6% серы и 12—13,5% золы. Эффективным заменителем кокса является природный газ.

Схема металлургического производства показана на рис. 19.

Чугун представляет собой сложный железоуглеродистый сплав, содержащий (%): углерода от 2,0 до 4,3, кремния 0,5—4,25, марганца 0,2—2,0, серы 0,02—0,20, фосфора 0,1—1,20.

Входящие в состав чугуна элементы определяют его структуру и свойства.

Углерод — важнейшая составляющая чугуна. Если углерод

находится в сплаве в свободном состоянии в виде графита, то чугун становится мягким и хорошо обрабатывается резанием. Если углерод находится в виде цементита, т. е. в химически связанном с железом состоянии, то чугун имеет высокую твердость и плохо обрабатывается.

Кремний является важнейшей после углерода примесью в чугуне, способствует выделению углерода в виде графита. Он увеличивает жидкотекучесть чугуна при заливке и улучшает литейные свойства чугуна, делает чугун более мягким.

Марганец влияет на чугун в направлении, обратном кремнию, так как связывает углерод в виде цементита. При небольшом содержании (до 1%) марганец очень полезен, так как повышает прочность чугуна. Марганец способствует удалению серы из чугуна, образуя сернистый марганец, который всплывает на поверхность жидкого металла и уходит в шлак. Этим частично нейтрализуется действие серы.

Сера в чугуне является вредной примесью, так как вызывает явление красноломкости, заключающееся в том, что в отливках в горячем состоянии образуются трещины. Кроме того, присутствие серы ухудшает жидкотекучесть чугуна, так как делает его густым, вследствие чего он плохо заполняет форму.

Сера попадает в чугун из руды и золы топлива (кокса) во время плавки. Удаление серы при выплавке чугуна достигается прибавлением известняка, который частично соединяется с серой и переходит в шлак. Однако некоторое количество серы всегда остается в чугунах.

В передельных (белых) чугунах, предназначенных для производства стали, серы не должно быть более 0,08%, а в литейных чугунах — не более 0,06%.

Фосфор понижает механические свойства чугуна и вызывает хладноломкость, т. е. способность отливок образовывать трещины в холодном состоянии. Для машиностроительного литья фосфор является вредной примесью. Содержание фосфора в ответственных отливках допускается до 0,1%, в менее ответственных — до 1,2%.

Фосфор оказывает и положительные действия. Он повышает жидкотекучесть чугуна. Благодаря этому фосфористый чугун с успехом применяется для изготовления чугунного литья, от которого не требуется высоких механических свойств, например для производства художественного литья.

Кроме вышеуказанных примесей в чугун вводят специальные (легирующие) элементы. Такие чугуны называются легированными.

§ 9. КЛАССИФИКАЦИЯ ЧУГУНОВ

В зависимости от химического состава и назначения доменные чугуны делятся на передельные, специальные (ферросплавы) и литейные.

Передельный чугун (ГОСТ 805—69) предназначается для

переработки на сталь в плавильных агрегатах, называемых конверторами, а также мартеновских и электрических печах. В зависимости от способа переработки он называется мартеновским (М), бессемеровским (Б), томасовским (Т).

Специальные чугуны (ферросплавы) (ГОСТ 4834—49) выплавляют с высоким процентом кремния или марганца, применяют в качестве специальных добавок при выплавлении стали.

Литейный чугун (ГОСТ 4832—58) предназначается главным образом для производства литых заготовок (литья). Он поступает в литейные цехи в виде небольших слитков (чушек) весом до 25 *кГ*.

В зависимости от того, в каком состоянии и форме находится углерод, чугуны разделяются на белые, серые, ковкие и высокопрочные.

Белые чугуны характеризуются тем, что у них весь углерод находится в химически связанном состоянии — в виде цементита. Излом такого чугуна имеет матово-белый цвет. Наличие большого количества цементита придает белому чугуну высокие твердость, хрупкость и очень плохую обрабатываемость режущим инструментом. Белый чугун применяют главным образом для отливки деталей с последующим отжигом на ковкий чугун.

Серый чугун. В сером чугуне весь углерод или большая его часть содержится в свободном состоянии — в виде отдельных включений графита различной формы. Наличие углерода в свободном состоянии придает излому чугуна серый цвет и крупнозернистое строение.

Серый чугун маркируется буквенно-цифровой системой. Например, серый чугун марки СЧ 18-36 расшифровывается так: СЧ — серый чугун, первые две цифры 18 указывают на предел прочности при растяжении в *кГ/мм*², следующие две цифры — предел прочности при изгибе в *кГ/мм*².

Серый чугун хорошо обрабатывается режущим инструментом, обладает высокой износоустойчивостью. Недостатком серого чугуна является значительная хрупкость и малая пластичность.

Прочность серого чугуна можно увеличить, вводя в его состав специальные присадки (модификаторы). Полученный таким образом чугун называется модифицированным или высокопрочным. В качестве модификаторов используют магний, церий, ферросилиций, силикокальций, алюминий и др. Модифицирование магнием, а затем ферросилицием позволяет получить магниевый чугун, обладающий прочностью литой стали и высокими литейными свойствами.

Из магниевого чугуна изготовляют детали, подвергаемые ударам, воздействию переменных напряжений и интенсивному износу, например коленчатые валы легковых автомобилей.

Модифицированный чугун обозначается буквами СМЧ, к которым добавляются два числа, указывающих предел прочности при растяжении и изгибе.

Высокопрочный чугун является важным конструкцион-

ным материалом, в котором сочетаются многие ценные свойства стали и чугуна. Этот чугун получают из серого чугуна модифицированием: перед разливкой в жидкий металл добавляют специальные присадки — модификаторы в количестве 0,01—0,03% от веса жидкого металла. Модификаторы раскисляют чугун и создают искусственные центры кристаллизации.

Высокопрочный чугун маркируется буквами ВЧ — высокопрочный чугун, за которыми следуют два числа. Первое из них указывает предел прочности при растяжении (*кГ/мм²*), а второе (цифра) — удлинение (%).

Ковкий чугун. Название «ковкий» условное, практически чугуны не куются. Ковкие чугуны получаются из отливок белого чугуна путем длительного отжига (томления) при высоких температурах.

Ковкий чугун обладает повышенной прочностью при растяжении, невысокой пластичностью и высоким сопротивлением удару. По механическим свойствам он занимает промежуточное положение между сталью и серым чугуном.

Марки ковких чугунов: КЧ 30-6, КЧ 33-8, КЧ 35-10, КЧ 37-12 и др. Буквы КЧ означают ковкий чугун, первые две цифры указывают предел прочности при растяжении, последние цифры — относительное удлинение при растяжении.

Из ковкого чугуна изготовляются детали сложной формы: картеры заднего моста, чашки дифференциала, ступицы колес грузовых автомобилей, тормозные колодки и др.

Легированный чугун обладает улучшенными свойствами. Его получают, добавляя к серому или модифицированному чугуну небольшое количество никеля, хрома, молибдена и других элементов. Эти чугуны обладают повышенной механической прочностью, вязкостью и обрабатываемостью.

Чугуны со специальными свойствами обозначаются буквами СЧ, к которым добавляются два числа, указывающих предел прочности при растяжении и предел прочности при изгибе. Чугуны СЧ 32-52, СЧ 35-56, СЧ 38-60 применяются для изготовления деталей с высокой износоустойчивостью и твердостью (ковочные штампы, зубчатые колеса, тормозные барабаны, матрицы и пр.).

§ 10. ОСНОВНЫЕ СВЕДЕНИЯ О ПОЛУЧЕНИИ СТАЛИ

Сталью называют железоуглеродистый сплав, содержащий (%): углерода от 0,01 до 2,0 и примеси марганца 0,3—0,9, кремния 0,15—0,35, серы до 0,06 и фосфора до 0,07. Главной составляющей, определяющей свойства стали, является углерод. С увеличением процентного содержания углерода прочность стали повышается, а способность к пластической деформации понижается.

Стали, в которых содержание кремния более 0,5% и марганца более 0,7%, относятся к специальным сталям и в зависимости от того, какой из указанных элементов превышает пределы содержания его в углеродистых сталях, называются кремнистыми или марганцовистыми.

Сера и фосфор относятся к вредным примесям. Сера уменьшает способность к проковке и свариваемость, делает сталь ломкой при нагреве до красного каления (красноломкость). Фосфор придает стали хрупкость в холодном и горячем состоянии (хладноломкость).

Свойства стали делают ее во многих случаях незаменимым машиностроительным материалом. Она обладает высокой прочностью, твердостью, вязкостью и вместе с тем легко поддается механической обработке. Стальные детали хорошо свариваются.

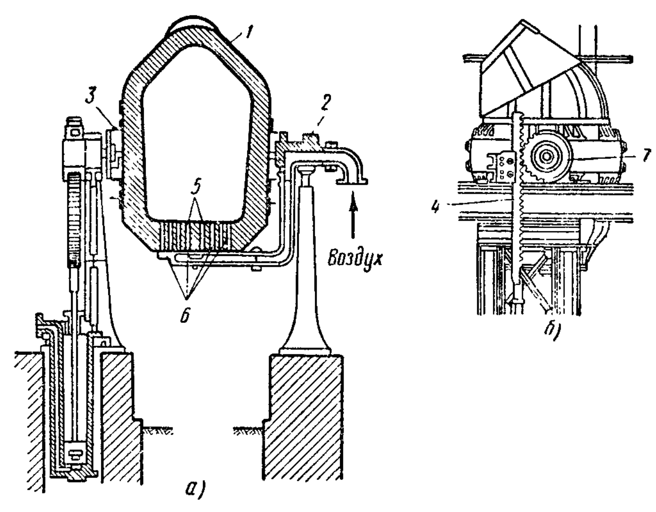


Рис. 20. Бессемеровский конвертор:

а — общий вид, *б* — механизм поворота; *1* — вращающийся сосуд, *2*, *3* — цапфы, *4* — рейка, *5* — сменное днище, *6* — фурмы (трубы), *7* — зубчатое колесо

Состав, свойства и качества стали в значительной степени зависят от способа ее производства. Основными способами получения стали являются конверторный (бессемеровский и томасовский), мартеновский и плавка в электропечах.

Конверторный способ заключается в том, что через жидкий чугун, заливаемый в конвертор, продувается воздух в течение 15—20 *мин*. Кислород, находящийся в воздухе, вступает в реакцию с углеродом, кремнием, марганцем, фосфором и примесями и окисляет их. В результате этого процесса получается сталь.

Конвертор (рис. 20, *а*, *б*) представляет собой стальной сосуд грушевидной формы, выложенный внутри огнеупорной кладкой. В верхней части конвертора находится горловина. Средняя часть конвертора опоясана снаружи стальным кольцом. К кольцу присоединены две цапфы, которые опираются на колонны, установленные на фундаменте. Через полую цапфу *2* в конвертор поступает воздух из воздухопровода. На конце второй цапфы *3* насажено зубчатое колесо *7*, соединенное с зубчатой рейкой *4*.

Рейка перемещается от электродвигателя или гидропривода. При движении рейки конвертор поворачивается на нужный угол, принимая горизонтальное, вертикальное или наклонное положение. В нижней части конвертора находится сменное днище *5*, сделанное из огнеупорного кирпича. В днище имеются каналы, в которые запрессованы трубы *6* (фурмы). Через фурмы в конвертор вдувается воздух.

Для заливки чугуна и загрузки добавок конвертор поворачивают в горизонтальное положение, несколько наклоняют вниз горловиной и заливают такое количество чугуна, чтобы уровень его был ниже уровня фурм. Затем начинают вдувать воздух, медленно поворачивая конвертор. Давление воздуха постепенно увеличивают, доводя до 2,5 *ати* при вертикальном положении конвертора. Вследствие активного соприкосновения жидкого чугуна с кислородом воздуха идет процесс окисления (выгорание) примесей.

После окончания процесса конвертор наклоняют в горизонтальное положение и прекращают дутье. Затем проверяют состав полученной стали и выливают сталь в ковш.

Существуют два вида конверторного процесса: бессемеровский и томасовский.

Бессемеровский процесс получения стали, открытый английским изобретателем Г. Бессемером в 1855—1856 гг., ведется в конверторах, внутренняя кладка которых сделана из кислого огнеупорного кирпича — динаса.

Сущность процесса заключается в том, что кислород воздуха, вдуваемого через жидкий чугун, окисляет примеси, и при интенсивно идущих реакциях образуется такое количество тепла, которое в течение 10—15 *мин* вполне достаточно для превращения чугуна в сталь.

Томасовский процесс — способ переработки фосфористых чугунов, открытый в 1878 г. английским металлургом С. Д. Томасом. Особенностью этого способа является одновременная загрузка конвертора жидким чугуном и свежеобожженной известью. Присутствие извести приводит к образованию шлаков и удалению из чугуна фосфора и серы.

Кислородно-конверторный процесс выплавки стали с продувкой технически чистым кислородом (чистотой 98,5—99,5%) сверху позволяет перерабатывать чугуны различного химического состава, включая даже высокофосфористые и природнолегированные.

Конверторы для продувки жидкого чугуна кислородом сверху имеют глуходонное днище и летку для выпуска жидкого металла. В этих конверторах реакция окисления примесей происходит интенсивнее, качество стали значительно улучшается, производительность повышается.

Вращающиеся (роторные) конверторы были созданы в результате совершенствования конверторного способа. Наружное очертание этой печи напоминает бетономешалку. Печь имеет три отверстия: загрузочное, для отводов продуктов горения и

для выпуска металла. Роторная печь вращается медленно — от 0,2 до 1 оборота в минуту. В разогретую печь загружают руду и известь, затем заливают жидкий чугун и в жидкую массу металла поверху подают кислород. От загрузки печи до выхода стали проходит 50—60 *мин*; следовательно, роторная печь позволяет производить не менее 24 плавок за сутки.

Благодаря вращению конвертора вокруг своей оси жидкая сталь в ванне хорошо перемешивается, металл получается более однородным по химическому составу. Кроме того, происходит максимальное удаление серы и фосфора.

Мартеновский процесс. Одним из недостатков конверторного способа является повышенное содержание в стали кислорода, ухудшающее ее механические свойства. Поэтому для изготовления многих ответственных изделий (инструментов, пружин, деталей, работающих на удар, и т. д.) конверторная сталь непригодна. Кроме этого, существовавшие ранее способы конверторного производства стали не решали задачи переработки отходов (стальной лом, стружка, скрап и т. п.). В 1864 г. металлургами П. и Э. Мартенами было предложено производство стали в пламенной (мартеновской) регенераторной печи. В мартеновских печах окисление осуществляется воздухом, проходящим через шлак, который изолирует расплавленный металл от непосредственного воздействия кислорода воздуха, что уменьшает угар металла и способствует улучшению качества стали. Для выплавки стали в мартеновских печах применяются белый чугун, железная руда, лом, флюсы (известняк, обожженная известь, бокситы, плавиковый шпат).

В зависимости от состава шихты в мартеновских печах различают следующие разновидности процесса выплавки стали: скрап-процесс, скрап-рудный и рудный процессы.

Скрап-процесс применяется на машиностроительных заводах, не имеющих доменных печей и располагающих большим количеством всевозможных отходов производства в виде стального лома (скрапа), пакетированной стружки, пришедших в негодность чугунных и стальных деталей машин. В качестве добавки применяются чушковый чугун и известняк.

Скрап-рудный процесс применяется на заводах, оснащенных доменными печами, 50—75% шихты составляет жидкий чугун, остальная часть — стальной лом. Для окисления примесей чугуна в шихту вводится значительное количество железной руды.

Наиболее широко применяются скрап-процесс и скрап-рудный процесс; рудный не применяется, так как неэкономичен.

Мартеновский способ производства стали является самым распространенным.

Мартеновские печи. По конструкции мартеновские печи делятся на стационарные (неподвижные) и качающиеся. В качающихся печах рабочее пространство заключено в металлический кожух, рама которого опирается на катки, позволяющие наклонять печь на определенный угол при помощи электрического или гидравлического механизма.

Мартеновская печь (рис. 21) представляет собой сложное сооружение, оснащенное совершенными механизмами для загрузки шихты и уборки продуктов плавки. Она оборудована автоматическими приборами для регулирования процесса горения и температуры в печи. Мартеновская печь состоит из рабочего (плавильного) пространства *3*, ограниченного сверху сводом *2*, а снизу подом *17*. Передняя стенка имеет завалочные окна *1*, через которые загружают шихтовые материалы. В задней стенке имеются отверстия

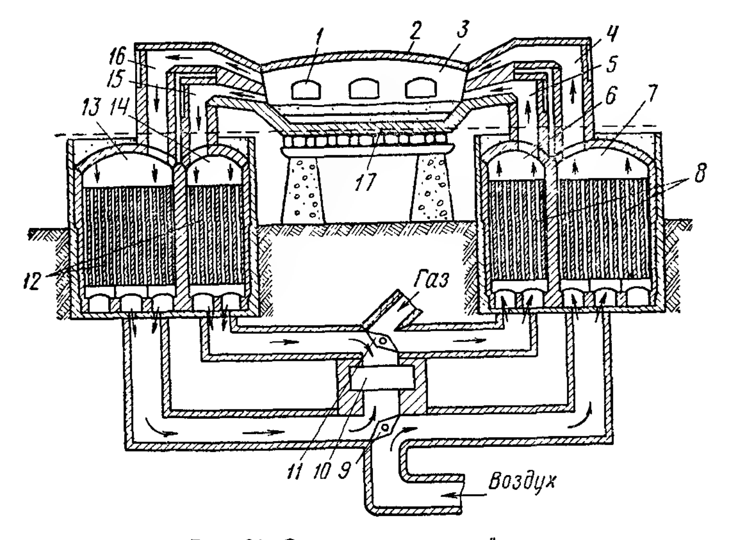


Рис. 21. Схема мартеновской печи:

1 — окно, *2* — свод, *3* — плавильное пространство, *4, 5, 15, 16* — головки, *6, 7, 13, 14* — регенераторы, *8, 12* — насадки, *9, 11* — клапаны, *10* — труба, *17* — под

для выпуска стали и шлака. В торцах печи расположены головки *4* и *5*, *15* и *16*, соединяющие плавильное пространство *3* с регенераторами *6* и *7*, *13* и *14*.

Генераторный газ и необходимый для сжигания воздух перед поступлением в плавильное пространство предварительно проходят через нагретую до температуры около 1200° С насадку *8* регенераторов *6* и *7*. Подогретые в регенераторах газ и воздух выходят затем по вертикальным каналам в правые головки *4* и *5*, смешиваются между собой в плавильном пространстве *3* и вступают в реакции горения. В результате горения газа температура под сводом *2* повышается до 1650—1760° С. Газообразные продукты горения из плавильного пространства через левые головки *15* и *16* направляются в регенераторы *13* и *14*, нагревают их огнеупорную насадку *12* и далее поступают в трубу *10*. Когда огнеупорная насадка *8* в регенераторах *6* и *7* начнет остывать, направление движения газа и воздуха посредством клапанов *9* и *11* переключается на насадку *12* регенераторов *13* и *14*. Таким образом, обес-

печивается непрерывное поступление в плавильное пространство печи подогретых горючего газа и воздуха.

Большинство мартеновских печей работает на природном газе или смеси доменного и коксового газов.

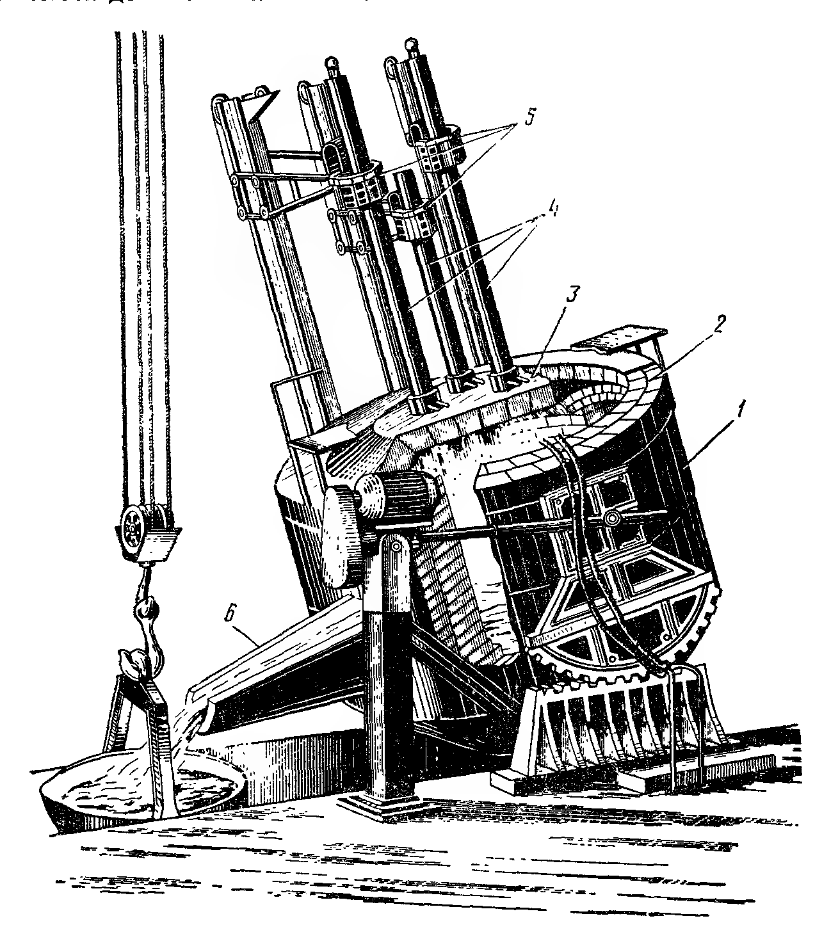


Рис. 22. Дуговая электрическая печь:

1 — корпус (кожух), 2 — огнеупорный кирпич (футеровка), 3 — съемный свод, 4 — угольные электроды, 5 — электрододержатели, 6 — желоб для слива стали

Технико-экономические показатели работы мартеновской печи резко повышаются при использовании кислорода как для интенсификации сжигания топлива, так и для ускорения окисления примесей. Кислород в этом случае подают через головки мартеновской печи.

П р о и з в о д с т в о с т а л и в э л е к т р о п е ч а х. Наиболее совершенным способом производства стали является выплавка ее в электрических печах. Основные преимущества этих печей:

в плавильном пространстве температура достигает 2000° С, что способствует расплавлению металла с высокой концентрацией тугоплавких компонентов (хрома, вольфрама, молибдена и др.) и хорошему удалению серы и фосфора, а также неметаллических включений. Сталь, полученная таким способом, по химическому составу лучше мартеновской;

можно выплавлять любые марки стали с содержанием заданного количества таких элементов, как хром, никель, молибден, ванадий, вольфрам, титан и др.;

обеспечивается точность и простота регулирования температур;

значительно уменьшается угар металла и особенно легирующих элементов благодаря регулированию температуры.

Выплавку стали производят в дуговых и индукционных (высокочастотных) электрических печах. Наибольшее распространение получили дуговые электрические печи.

Идея использования образующегося при горении электрической дуги тепла для плавки металла была обоснована русским ученым, академиком В. В. Петровым в 1802 г.

Дуговая электрическая печь (рис. 22) состоит из сварного стального цилиндрического корпуса (кожуха) *1*, выложенного внутри огнеупорным кирпичом *2* (футеровка), съемного свода *3* с отверстиями, в которые пропущены соединенные проводниками с вторичной обмоткой трансформатора графитовые или угольные электроды *4* диаметром 200—500 *мм*. Графитовые электроды более устойчивы при высоких температурах и имеют меньшее электросопротивление, чем угольные, поэтому их применение в электроплавильных печах более целесообразно. Число электродов соответствует числу фаз электрического тока. Длина электродов достигает 2 *м*. Электроды укрепляются в электрододержателях *5* и при помощи специального механизма могут перемещаться вверх и вниз и опускаться до верхнего уровня металла. Определенное расстояние между электродами и металлом в печи регулируется подъемом или опусканием электродов вручную или автоматически. Внизу электропечь ограничена подом.

Нагрев и расплавление шихтовых материалов производятся теплом, излучаемым тремя электрическими дугами, образуемыми между электродами и металлической шихтой при напряжении электрического тока 180—350 *в*.

Механизм наклона позволяет поворачивать печь для выпуска стали и шлака в сторону отверстия и сливного желоба на 10—15°.

Современные дуговые печи строятся емкостью от 0,5 до 180 *Т*, наибольшее распространение имеют печи емкостью до 80 *Т*. Продолжительность плавки в печах 3—6 *ч*.

Электрические печи потребляют много электроэнергии, поэтому они используются, как правило, для получения только высококачественной стали.

В целях повышения производительности электрических печей и снижения стоимости стали применяют производство стали методом дуплекс-процесса, заключающегося в выплавке металла после-

довательно в двух плавильных агрегатах: основном конверторе и электропечи или в мартеновской печи и электропечи. Экономическая и технологическая целесообразность расплавления и предварительного удаления вредных примесей в первом агрегате и окончательная переработка металла во втором агрегате очевидны: повышается производительность, улучшается качество стали и уменьшается расход электроэнергии.

Индукционные печи применяются для выплавки высоколегированных сталей и сплавов с низким содержанием углерода. Индукционная печь (рис. 23) имеет огнеупорный тигель *1* с обмоткой *2* в виде полой медной трубы — змеевика, по которой для охлаждения циркулирует вода.

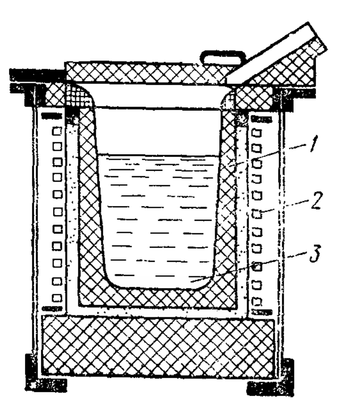


Рис. 23. Схема индукционной электрической печи:
1 — огнеупорный тигель, *2* — обмотка, *3* — расплавленный металл

Ток высокой частоты, вырабатываемый особым генератором, подводится к обмотке (индуктору) *2*, возбуждает в расплавленном металле *3* вихревые токи большой силы, быстро нагревающие металл до плавления.

Основное преимущество высокочастотных печей заключается в том, что они работают при высокой температуре (2000° С), в условиях нейтральной среды, даже при отсутствии воздуха. Вихревые токи вызывают энергичное перемешивание металла, способствуя этим очищению его от примесей.

Недостатком этих печей является их высокая стоимость, а также необходимость иметь стойкие и прочные тигли, изготовление которых сложно. Расход электроэнергии при этом способе больше, чем в дуговых печах.

Электрошлаковая переплавка является одним из новых методов получения высококачественных легированных сталей — шарикоподшипниковых, быстрорежущих и др. Этот метод разработан сотрудниками Института электросварки им. Е. О. Патона Академии наук Украинской ССР.

Метод электрошлаковой переплавки состоит в том, что полученные обычным способом стали перерабатываются на электроды (слитки) диаметром до 150 *мм* и длиной 2—6 *м* для последующей их переплавки в электрошлаковой печи.

Сущность этого процесса состоит в том, что плавление указанных электродов (слитков) происходит за счет тепла, выделяющегося в слое расплавленного шлака, служащего сопротивлением при прохождении через него электрического тока. Этот процесс сравнительно прост. Электрод (слиток) *1* (рис. 24) устанавливают в медный полый (для охлаждения) цилиндр *2*, ко дну которого прикреплен поддон *4* с шайбой (затравкой) *3* из переплавляемой

стали. На шайбу *3* насыпают электропроводный флюс, состоящий из порошка алюминия с магнием, а в пространство между электродом и стенкой цилиндра засыпают рабочий флюс *6*.

После этого электрод (слиток) *1* опускают до его соприкосновения с флюсом *5*, находящимся на шайбе (затравке) *3*. Затем включают ток.

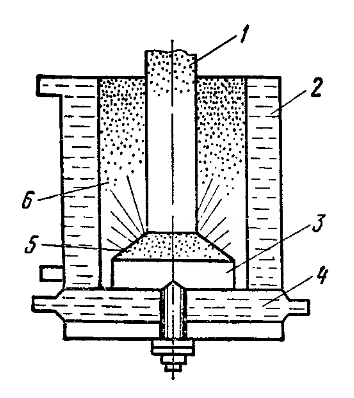


Рис. 24. Электрошлаковая переплавка стали:

1 — электрод (слиток), *2* — цилиндр, *3* — шайба, *4* — поддон, *5* — флюс, *6* — рабочий флюс

При плавлении рабочий флюс *6* превращается в шлак, имея температуру до 2500° С. При этом электрод (слиток) *1* расплавляется и каждая его капля проходит через слой расплавленного шлака и очищается от вредных примесей и газов. Из этих капель образуется новый слиток с меньшим в полтора — два раза содержанием серы.

Положительной стороной этого процесса является то, что в стали, выплавленной этим способом, почти нет неметаллических включений, так как в электрошлаковой печи отсутствует огнеупорная кладка, а остающиеся после переплава незначительные включения распределяются почти равномерно, тогда как при всех других способах переплавки они имеют крупные скопления, что является одной из причин разрушения изделий. Кроме того, в слитках отсутствуют усадочная рыхлость, пористость, что очень важно для деталей, работающих в условиях ударных нагрузок.

§ 11. ОБЩАЯ КЛАССИФИКАЦИЯ СТАЛИ

Применяемые в машиностроении стали разделяют на марки по способу производства, по химическому составу и по назначению.

По химическому составу — основному классификационному признаку стали делят на углеродистые и легированные.

По назначению стали разделяются на конструкционные, инструментальные и стали с особыми физическими свойствами. Конструкционные стали, в свою очередь, делят на строительные и машиностроительные.

По способу выплавки, от которого зависит качество металла, углеродистая сталь разделяется на сталь обыкновенного качества, качественную и высококачественную.

По способу производства сталь разделяют на конверторную (бессемеровскую и томасовскую), мартеновскую и электросталь. Различают также спокойную и кипящую сталь.

Сталь спокойной плавки при разливке в изложницу выделяет мало газов и не кипит. Она полностью раскислена (очищена

от закиси железа) марганцем, кремнием, алюминием, спокойно затвердевает, слиток получается плотным с образованием в верхней части усадочной раковины.

Кипящая сталь при разливке кипит, выделяя большое количество газов. Это объясняется тем, что сталь заливается в изложницы не полностью раскисленной и при понижении температуры часть углерода вступает в реакцию с оставшейся закисью железа *. Окись углерода не успевает выделиться из затвердевающего металла, оставаясь в нем в виде газовых пузырей, которые завариваются в слитке при последующей его прокатке. Кипящая сталь хорошо сваривается и штампуется, особенно при глубокой вытяжке (кузовы легковых автомобилей, бензобаки), но по прочностным свойствам уступает спокойной стали.

По назначению сталь делится на три группы:

группа А — сталь, поставляемая по механическим свойствам;

группа Б — сталь, поставляемая по химическому составу;

группа В — сталь, поставляемая по механическим свойствам с дополнительными требованиями по химическому составу.

§ 12. УГЛЕРОДИСТЫЕ СТАЛИ

Конструкционная углеродистая сталь содержит до 0,65—0,70% углерода, но в отдельных случаях ее выплавляют с содержанием углерода 0,85%.

Из конструкционной стали изготовляются детали машин и металлических конструкций. Эта сталь обладает хорошей прочностью, сопротивлением удару, хорошо обрабатывается.

По качественным признакам конструкционная углеродистая сталь делится на сталь обыкновенного качества и качественную.

Сталь обыкновенного качества применяется для строительных конструкций, крепежных деталей, листового и профильного проката, заклепок, труб, арматуры, проволоки и др.

Качественная сталь идет на изготовление деталей, которые требуют более высокой пластичности и большего сопротивления удару, деталей, работающих при повышенных давлениях — для зубчатых колес турбин, винтов, болтов, для деталей, подлежащих цементации, для сварных изделий.

На углеродистую сталь обыкновенного качества установлен стандарт. Эта сталь изготовляется в мартеновских печах, конверторах с продувкой кислородом и в бессемеровских конверторах. По степени раскисления сталь изготовляется кипящая (в обозначении марки добавляется индекс кп), полуспокойная (пс) и спокойная (сп).

Сталь группы А поставляется с гарантированными механическими свойствами (предел прочности, предел текучести

* Закись — низшая степень окисления (соединения химического элемента с кислородом).

и относительное удлинение) и маркируется буквами Ст, за которыми следует цифра: 0; 1; 2 и т. д. до 6. Чем больше цифра в марке, тем больше содержание углерода, тем выше предел прочности и тем ниже относительное удлинение.

Сталь группы А поступает с металлургических заводов в виде термически обработанного проката (балки, прутки, ленты, проволока и т. д.) и используется для неответственных деталей машин, металлических конструкций, арматуры, топочных устройств и других изделий, не подвергающихся термической обработке.

Сталь группы Б поставляется с гарантией по химическому составу. В марке буквами указывается способ выплавки: М — мартеновская сталь, Б — бессемеровская, К — конверторная, полученная продувкой металла кислородом сверху; цифра в марке представляет число, характеризующее химический состав стали, а буквы «кп» — сталь кипящая, «пс» — сталь полуспокойная, «сп» — сталь спокойная.

Сталь группы Б изготовляется следующих марок:

мартеновская — МСт0, МСт1, МСт2, МСт3, МСт4, МСт5, МСт6;
конверторная — КСт0, КСт1, КСт2, КСт3, КСт4, КСт5, КСт6;
бессемеровская — БСт0, БСт1, БСт2, БСт3, БСт4, БСт5 и БСт6.

Из стали группы Б изготовляют конструкции, различные резервуары, бандажи и оси вагонных колес, железнодорожные рельсы, пружины, рессоры и др.

Сталь группы В поставляется с гарантированным пределом прочности, пределом текучести, относительным удлинением и химическим составом; марки сталей этой группы начинаются с буквы В, затем следуют те же элементы обозначения, что и группы сталей А и Б.

Сталь группы В изготовляется следующих марок:

мартеновская — ВМСт2, ВМСт3, ВМСт4 и ВМСт5;
конверторная — ВКСт2, ВКСт3, ВКСт4 и ВКСт5.

Из стали группы В изготовляют сварные конструкции, неответственные детали машин, валы, оси и т. д.

Углеродистая качественная конструкционная сталь (ГОСТ 1050—66**) применяется для изготовления ответственных деталей различных машин и механизмов (шатуны, шпиндели, зубчатые колеса, валы, оси и т. п.). Качественная конструкционная углеродистая сталь поставляется с гарантированными механическими свойствами и химическим составом в виде обжатых болванок, слитков, листов, прутков, полос, лент и др.

Качественная углеродистая сталь делится на две группы: I — с нормальным содержанием (0,25—0,30%) и II — с повышенным содержанием марганца (0,7—1,2%). Сталь группы I маркируется так: 0,5кп, 0,8кп, 0,8, 10кп, 10, 15кп, 15, 20кп, 20, 25, 30, 35, 40, 45, 50, 55, 60, 65, 70, 75, 80, 85. Сталь группы II маркируется: 15Г, 20Г, 25Г, 30Г, 35Г, 40Г, 45Г, 50Г, 60Г, 65Г, 70Г.

В этих марках двузначные числа показывают среднее содержание углерода в сотых долях процента, буква Г обозначает повышенное содержание марганца.

Инструментальные углеродистые стали (ГОСТ 1435—54 *) содержат углерода от 0,65 до 1,35% и марганца до 0,4%. Эта сталь применяется для изготовления режущего, измерительного, штампового и другого инструмента после соответствующей термической обработки (закалка и отпуск).

Инструментальная углеродистая сталь подразделяется на качественную и высококачественную. Качественная сталь отличается от высококачественной меньшим содержанием серы, фосфора и большим содержанием легирующих примесей — хрома и никеля. Однако твердость высококачественной стали не выше, чем твердость качественной, но высококачественная сталь прочнее, лучше сопротивляется действию ударных нагрузок и при закалке дает меньше брака.

Марки этой стали обозначаются так: качественная сталь — У7, У8, У8Г, У9, У10, У11, У12, У13; высококачественная — У7А, У8А, У8ГА, У9А, У10А, У11А, У12А и др. Цифры, стоящие после буквы У, показывают среднее содержание углерода в десятых долях процента. Индекс А в конце марки показывает, что сталь высококачественная, буква Г — повышенное содержание марганца.

Из стали У7, У7А изготовляют зубила, молотки, штампы и другие инструменты и изделия, подвергающиеся ударам; из стали У8, У8А, У8Г, У8ГА — матрицы, пуансоны, ножи и ножницы по металлу, отвертки и другой инструмент.

Сталь У10, У10А применяется для изготовления различных инструментов, не подвергающихся сильным толчкам и ударам; инструментов, которые должны иметь высокую твердость при незначительной вязкости, например резцы, фрезы, метчики, развертки, плашки, ножовочные полотна, напильники и др.; сталь У11, У11А, У12, У12А применяется для инструментов с требованием высокой твердости: напильники, шаберы, сверла, часовой инструмент, пилы по металлу и др.

§ 13. ЛЕГИРОВАННЫЕ СТАЛИ

Легированные стали получают путем введения различных элементов, в результате чего существенно изменяются механические, физические и химические свойства. Элементы, специально вводимые в сталь для получения требуемых свойств, называются *легирующими*.

Влияние легирующих элементов на свойства стали

Хром (Cr) повышает твердость, прочность и пластичность, сохраняет вязкость, увеличивает сопротивляемость стали коррозии, повышает прокаливаемость, позволяет производить закалку в масле, что значительно снижает возможность деформации деталей. Хрома вводят в сталь 1,5—2,5%, для специальных целей — до 30%.

Никель (Ni) повышает прочность, вязкость, коррозионную стойкость, увеличивает прокаливаемость, повышает сопротивление

удару, уменьшает коэффициент теплового расширения, а также увеличивает плотность стали, так как является хорошим раскислителем.

Вольфрам (W) повышает твердость, прочность, красностойкость, не снижая вязкости, позволяет получать сквозную прокаливаемость и осуществлять закалку на воздухе. Это дефицитный и дорогой металл.

Кремний (Si) при содержании в стали более 0,4—0,6% повышает упругие свойства стали. Этот элемент увеличивает также электросопротивление стали, что делает кремнистые стали ценным материалом для электротехнической промышленности. Кремний повышает и сопротивление сталей разъеданию кислотами, т. е. делает их кислотоупорными.

Ванадий (Va) способствует повышению прочности при высоких температурах и красностойкости, уменьшает склонность стали к перегреву, что облегчает проведение термической обработки.

Марганец (Mn) при содержании его в стали свыше 1% повышает твердость, износоустойчивость, стойкость при ударных нагрузках без снижения пластичности, увеличивает прокаливаемость, но делает сталь более чувствительной к перегреву при термической обработке.

Молибден (Mo) повышает красностойкость, упругость, предел прочности при растяжении, антикоррозионные свойства и сопротивление окислению при высоких температурах.

Титан (Ti) увеличивает прочность и плотность стали, повышает обрабатываемость и сопротивление коррозии.

Ниобий (Nb) повышает сопротивление коррозии.

Алюминий (Al) повышает окалиностойкость, совместное введение с кремнием способствует коррозионной стойкости.

Церий (Ce) повышает прочность и особенно пластичность.

Цирконий (Zr) позволяет получать сталь с необходимой зернистостью.

Лантан (La) и неодим (Nd) способствуют уменьшению содержания серы в стали, уменьшают пористость. Эти элементы вводят в трансформаторные, окалиностойкие и нержавеющие стали.

Классификация и маркировка легированных сталей

По назначению легированные стали делят на три группы:

конструкционная сталь — для изготовления деталей машин и различных конструкций;

инструментальная сталь — для режущего, измерительного, поверочного и ударно-штамповочного и другого инструмента;

сталь с особыми физическими и механическими свойствами — для деталей специального назначения.

По содержанию легирующих элементов легированные стали делят также на три группы:

низколегированные стали (ГОСТ 5058—65 *), содержащие легирующих элементов до 2,5%. По механическим свойствам эти стали превосходят углеродистую сталь, хорошо свариваются, лучше сопротивляются коррозии, широко применяются в машиностроении, судостроении, в строительстве гражданских и промышленных сооружений;

среднелегированные, содержащие легирующих элементов от 2,5 до 10%;

высоколегированные, содержащие легирующих элементов более 10%.

По химическому составу и механическим свойствам легированные стали делятся на качественные и высококачественные.

Принято обозначение легирующих элементов, входящих в состав стали, буквами русского алфавита:

А — азот	Б — ниобий
В — вольфрам	П — фосфор
Г — марганец	Е — селен
Х — хром	Р — бор
Н — никель	Ф — ванадий
Т — титан	Ю — алюминий
К — кобальт	С — кремний
Д — медь	Ц — цирконий
	М — молибден

Маркировка легированной стали. Для обозначения легированной стали в СССР пользуются определенным сочетанием цифр и букв, показывающих примерный состав стали. Для стали конструкционной легированной принята маркировка, по которой первые две цифры, стоящие перед буквами, указывают среднее содержание углерода в стали в сотых долях процента.

Если перед буквами стоит одна цифра, то она выражает содержание углерода в десятых долях процента; при содержании углерода свыше 1% цифру перед буквами не ставят. За цифрами следуют буквы, показывающие наличие соответствующих легирующих элементов в составе стали. Цифры за буквами показывают среднее процентное содержание легирующего элемента. Если содержание элемента до 1,5%, то цифра отсутствует; если содержание элемента около 1,5%, то ставится цифра 1; если около 2%, то ставится цифра 2 и т. д.

Для стали инструментальной легированной порядок маркировки по легирующим элементам тот же, что и для конструкционной, но количество углерода указывается первой цифрой в десятых, а не в сотых долях процента. Если цифра отсутствует, то сталь содержит около или более 1% углерода.

Для обозначения высоколегированной стали в конце маркировки добавляют букву А. Высококачественная сталь содержит меньше серы и фосфора, чем качественная. Например, марка 15ХА обозначает хромистую сталь (буква Х), содержащую 0,15% углерода и около 1% хрома.

Некоторые стали специального назначения выделены в отдельные группы и имеют особую маркировку. Каждой группе присваивается своя буква. Например, буква ставится впереди: Ж — обозначает хромистые нержавеющие, Я — хромоникелевая нержавеющая, Р — быстрорежущая, Ш — шарикоподшипниковая, Е — электротехническая.

Конструкционные легированные стали

Эта группа сталей применяется главным образом для изготовления ответственных деталей машин и металлических конструкций (ГОСТ 4543—71).

Хромистые стали. Наиболее широко применяются стали 15Х и 20Х, изделия из которых подвергаются поверхностному науглероживанию (цементация), в результате чего достигается высокая твердость поверхности при вязкой сердцевине изделия. Из этих сталей изготовляют распределительные валы двигателей, кулачки, зубчатые колеса и др.

Хромистые стали с большим содержанием углерода (38Х и 45ХА) применяются для изготовления зубчатых колес, болтов, шпилек и др.

Марганцовистые стали хорошо обрабатываются давлением (ковкой, штамповкой), резанием, хорошо свариваются, отличаются глубокой прокаливаемостью, значительно большей твердостью, чем углеродистые.

Из сталей 15Г и 20Г делают сварные конструкции, а также мелкие крепежные детали (гайки, болты), а из сталей 50Г и 50Г2 — оси, валы, червяки и другие детали.

Кремнистые стали обладают повышенной прочностью и особенно высоким пределом упругости. Из этих сталей изготовляются мостовые и судовые конструкции, а также фасонные отливки; такие стали широко применяют в электропромышленности для изготовления деталей электрических машин и трансформаторов.

Никелевые стали отличаются высокой прочностью, значительной пластичностью и вязкостью. Они без затруднения куются, свариваются и вполне доступны всем другим видам обработки металлов. Содержание углерода в них колеблется от 0,1 до 0,4%, никеля от 1,25 до 5,5%.

Хромованадиевые стали имеют повышенную прочность, упругость и вязкость. Применяются для изготовления ответственных (например, клапанных) пружин (сталь 50ХФА).

Инструментальные легированные стали

Инструментальные легированные стали по сравнению с инструментальными углеродистыми сталями обладают преимуществами. При введении определенных легирующих элементов сталь приобретает красностойкость, износостойкость, получает глубокую прокаливаемость, равномерную закалку и значительно меньше напряже-

ний, чем углеродистая сталь. Кроме того, она имеет высокую прочность, твердость и хорошо противостоит ударным нагрузкам, не теряет твердости при нагревах. Наиболее распространенными из рассматриваемой группы сталей являются:

хромистая сталь марки Х, содержащая 0,95—1,10% углерода и 0,8—1,6% хрома;

хромокремнистая сталь марки 9ХС, содержащая 0,85—0,95% углерода, 1,2—1,6 кремния и 0,95—1,25% хрома.

Из указанных сталей изготовляют сверла, развертки, метчики, плашки и др.

Наиболее твердой из инструментальных сталей является сталь ХВ5, которая в закаленном состоянии применяется для обработки особо твердых сплавов. Из нее изготовляются режущие инструменты для точной обработки.

Быстрорежущие стали. К группе легированных инструментальных сталей относится быстрорежущая сталь, обладающая красностойкостью, т. е. способностью не терять режущих свойств при нагреве до 600—700° С. Она способна резать металл со скоростью в 3—4 раза выше допускаемых для углеродистых инструментальных сталей.

ГОСТ 9373—60 предусмотрены следующие марки быстрорежущей стали: Р18, Р12, Р9, Р6М3, Р9Ф5, Р14ФА, Р18Ф2, Р9К5, Р9К10, Р10К5Ф5 и Р18К5Ф2. Буква Р указывает, что это быстрорежущая сталь, а следующие за ней буквы и цифры указывают среднее содержание легирующих элементов. Из стали Р6М3 изготовляются инструменты, работающие с большими подачами и в условиях динамических нагрузок: фрезы, долбяки, протяжки и др. Стали Р9К5, Р9К10, Р18К5Ф2 применяются для изготовления инструментов, обрабатывающих твердые материалы, жаропрочные и нержавеющие сплавы.

§ 14. СТАЛИ С ОСОБЫМИ СВОЙСТВАМИ

Развитие техники, потребности авиационной, энергетической, химической и других отраслей промышленности предъявляют особые требования к сталям: например, способность сопротивляться коррозии и действию химических агрессивных сред; стойкость против окисления при высоких температурах; обладание особыми магнитными свойствами; износостойкость и др. (ГОСТ 5632—61*).

Нержавеющие (коррозионностойкие) стали (ГОСТ 5949—61) обладают высокой стойкостью против ржавления при работе в различных средах (в пресной и морской воде, атмосфере воздуха и водяного пара, разных газов, в растворах кислот, солей и т. п.).

Стойкость против коррозии обеспечивается введением в сталь наиболее действенного и дешевого легирующего элемента — хрома, количество которого в нержавеющих сталях не менее 12%. Высокая стойкость против коррозии высокохромистых сталей обеспечивается образованием на их поверхности тонкой и прочной пленки окиси хрома. Например, стали 1Х13, 2Х13, 3Х13 обладают высокой

Таблица 2

Условная окраска сталей

Марки или группы сталей	Цвет краски	Марки или группы сталей	Цает краски
Ст0	Красный и зеленый	Хромокремнемарганцевая	Красный и фиолетовый
Ст1	Белый и черный	Хромомарганцевомолибденовая	Фиолетовый и белый
Ст2	Желтый	Хромоникелевая	Желтый и черный
Ст3	Красный	Хромоникелевольфрамовая	Желтый и красный
Ст4	Черный	Быстрорежущие:	
Ст5	Зеленый	Р18	Бронзовый и красный
Ст6	Синий	Р18М	Бронзовый и зеленый
08—20	Белый	Р9	Бронзовый
25—40	Белый и желтый	Р9М	Бронзовый и белый
45—85	Белый и коричневый	Нержавеющая и кислотостойкая—хромистая (1Х13 и др.)	Алюминиевый и черный
15Г—40Г	Коричневый	Хромоникелевая (Х17Н2 и др.)	Алюминиевый и красный
45Г—70Г	Коричневый и зеленый	Шарико- и роликоподшипниковая:	
Хромистая	Зеленый и желтый	ШХ6	Зеленый и белый
Хромованадиевая	Зеленый и черный	ШХ9	Зеленый и красный
Хромомолибдеиовая	Зеленый и фиолетовый	ШХ15СГ	Зеленый и синий
Хромокремнистая	Синий и красный		
Хромомарганцевая	Синий и черный		
Марганцовистая	Коричневый и синий		
Кремнемарганцевая	Красный и черный		
Никелемолибденовая	Желтый и фиолетовый		

Примечание. Сталь углеродистая обыкновенного качества группы В, кроме цвета, указанного в таблице, может иметь дополнительную алюминиевую окраску. Окраска листа производится по диагоиали, например красный и белый: по одной диагонали листа наиосится красиый, а по другой — белый.

стойкостью против атмосферной коррозии. Из них изготовляют турбинные лопатки, хирургический инструмент, клапаны гидравлических насосов, предметы домашнего обихода и др.

Ж а р о с т о й к и е с т а л и (ГОСТ 5632—61) сопротивляются окислению (образованию окалины) при высокой температуре. Для отдельных деталей современных мощных паросиловых установок это свойство стали является важнейшим, обеспечивающим их надежную работу. Свойство жаростойкости сообщают стали хром, кремний, алюминий, образующие на поверхности стали прочные и плотные пленки окислов, надежно защищающие сталь от дальнейшего окисления. Жаростойкие стали образуют группу марок стали под общим наименованием сильхромов (Х8СМ, Х8С2М). Из этой стали изготовляют, например, клапаны двигателей внутреннего сгорания.

Жаропрочные стали (ГОСТ 5632—61) сохраняют или мало снижают механические свойства при высоких температурах. Легирующими элементами, повышающими жаропрочность стали, являются молибден, а также вольфрам, ванадий и в меньшей мере хром и никель. Жаропрочными являются стали марок М и ХМ. Их применяют в котлотурбостроении для труб и пароперегревателей, котельных барабанов и др. Наиболее распространенными сталями этой группы являются Х23Н18, Х25Н20С2; из них делают газовые турбины, реактивные двигатели и др. Жаропрочной и жаростойкой одновременно является сталь Х14Н14В2.

Магнитные стали применяются для изготовления трансформаторов, сердечников и полюсов электромагнитов, реле в телефонной аппаратуре.

Износостойкие стали обладают большим сопротивлением износу. Износостойкость сталь приобретает в результате легирования ее марганцем. Наиболее распространенной маркой стали является высокомарганцевая сталь Г13, содержащая 1,0—1,3% углерода, 12—14% марганца и другие элементы. Эта износостойкая и одновременно высокопластичная сталь применяется для изготовления звеньев гусениц (траки), козырьков ковшей экскаваторов и землечерпалок, стрелок и крестовин рельсов, а также других деталей, работающих на удар и подверженных интенсивному износу.

Марка стали указывается в документе (сертификате), присланном с металлом. Кроме того, она обозначается клеймом на торце металла или на привязанном к металлу ярлычке. Широко применяется условное обозначение марки стали несмываемой краской, которая наносится на торец или конец прутка (болванки). Каждой марке стали (или нескольким маркам) соответствует определенный цвет, который является единым для всех предприятий.

Вопросы для самопроверки

1. Расшифруйте марки чугунов СЧ 35-56, ВЧ 50-1,5, ВЧ 60-2, КЧ 50-4. Пользуясь справочником, определите, какой чугун из названных марок самый прочный и какой самый мягкий. Для каких целей они применяются?
2. Расшифруйте марки сталей 45Г, У13А, 10ХГ2СН, 30ХН3А и определите, для каких целей они применяются.
3. В чем заключается главное отличие чугуна от стали?
4. Выберите марку стали для изготовления шабера и спирального сверла.
5. На какие группы подразделяется сталь по химическому составу и по назначению?
6. Какое влияние на свойства стали оказывают легирующие элементы хром, никель, молибден?
7. Из какого металла и почему изготовляют слесарные зубила?

Глава IV.

ТВЕРДЫЕ СПЛАВЫ

Твердыми называются сплавы, обладающие, как показывает название, высокой твердостью и, как следствие, высокой износоустойчивостью. Твердые сплавы имеют близкую к алмазу твер-

дость и обладают достаточной вязкостью. Высокая твердость обусловлена наличием в составе этих сплавов твердых и тугоплавких элементов — вольфрама, молибдена, титана, хрома и др., которые с углеродом образуют исключительно твердые соединения — карбиды.

Связкой в твердых сплавах служат кобальт, никель, железо и другие пластические металлы.

В зависимости от способа изготовления твердые сплавы можно подразделить на две группы: литые — наплавочные, изготовляемые литьем, и получаемые спеканием — металлокерамические.

Наплавочные твердые сплавы применяются для наплавки (покрытия) в расплавленном состоянии рабочих поверхностей быстроизнашивающихся деталей машин и инструментов с целью повышения их износоустойчивости и коррозионной стойкости. Они подразделяются на литые (стеллит и сормайты) и порошкообразные (вокар и сталинит).

Нашей промышленностью выпускаются В2К и В3К и сормайты № 1 и 2.

Стеллит и сормайт используются для наплавки на изделия, работающие без толчков и ударов, а также для защиты деталей от химического воздействия окружающей среды при высоких температурах. Более вязким и с меньшей твердостью является сормайт № 2, применяемый для наплавки деталей, работающих с толчками и ударами.

Порошкообразные — вокар, сталинит — выпускаются в виде порошка, состоящего из смеси различных компонентов. Эту смесь наплавляют на такие детали, которые подвергаются механическому износу (зубья экскаваторов, челюсти грейдерных кранов, детали дорожных машин, щеки дробилок и т. д.). Наплавку осуществляют при помощи электрической дуги.

Металлокерамические твердые сплавы являются наиболее высококачественным материалом для изготовления режущего инструмента. Пластинки твердых сплавов обладают твердостью HRA 85 и более и красностойкостью до 1200° С. Они припаиваются к державке инструмента, изготовленной из углеродистой стали. Основой этих сплавов являются карбиды вольфрама, титана, тантала. В качестве связующего материала применяют кобальт.

Металлокерамические твердые сплавы выпускаются следующих трех групп:

вольфрамо-кобальтовые, которые состоят из зерен карбида вольфрама, сцементированного кобальтом: марки ВК2, ВК3, ВК3М, ВК4, ВК4В, ВК6М, ВК6, ВК6В, ВК8, ВК8В, ВК10, ВК15, ВК20, ВК25. Эти сплавы применяются для режущих инструментов, предназначенных для обработки чугуна, цветных металлов и неметаллических материалов;

титано-вольфрамовые (титано-вольфрамокобальтовые), состоящие из зерен карбида вольфрама, сцементированных с кобальтом, или только зерен карбида вольфрама и карбида титана, сцементированных кобальтом: марки Т30К4, Т15К6, Т14К8, Т5К10,

Т5К12В. Эти сплавы используются при изготовлении инструментов для обработки стали;

титано-тантало-вольфрамовые (титано-тантало-вольфрамокобальтовые), состоящие из зерен карбида титана, карбида тантала, карбида вольфрама, сцементированных кобальтом. Выпускаются две марки: ТТ7К12 для обработки стали в тяжелых условиях, при наличии песка и неметаллических включений, Т5К12В — для обработки труднообрабатываемых (жаропрочные стали и сплавы) материалов.

Буквы в марках твердого сплава означают: В — карбид вольфрама, К — кобальт, Т — карбид титана; цифры, стоящие после букв, показывают процентное содержание данного металла в сплаве. Дополнение буквы М обозначает мелкозернистую структуру и поэтому более высокую износоустойчивость в сравнении с теми же марками нормальной зернистости; буква В в конце марки определяет более высокую эксплуатационную прочность и сопротивление ударным вибрациям и выкрашиванию. Например, марка ВК2 расшифровывается следующим образом: вольфрамокобальтовый сплав с содержанием 2% кобальта, остальное карбид вольфрама.

Минералокерамические сплавы в отличие от металлокерамических дешевы, не содержат дорогостоящих вольфрама, титана, кобальта и железа. Изготовляются они на основе окиси алюминия (Al_2O_3) — корунда путем тонкого размола, прессования и спекания. Выпускаются минералокерамические материалы марок ЦВ (термокорунд) и ЦМ (микролит), из которых изготовляют пластинки (марки ЦВ-13, ЦВ-18, ЦМ-332), используемые в качестве заменителя быстрорежущей стали и твердого сплава при чистовом и получистовом точении чугуна, стали и цветных металлов.

Керамические материалы имеют достаточную прочность на сжатие (до 500 *кГ/мм*²), высокую твердость (HRA 89—95), теплостойкость (около 1200° С) и износостойкость, что позволяет вести обработку металла на высоких скоростях резания (до 3700 *м/мин* при чистовом обтачивании чугуна).

Однако в связи с чрезвычайной хрупкостью минералокерамические пластинки широкого применения пока не нашли.

Вопросы для самопроверки

1. Какими преимуществами обладают твердые сплавы?
2. Где применяются инструменты и детали из твердых сплавов?
3. Какими показателями характеризуются твердые сплавы?
4. Расскажите о применении и марках твердых сплавов.

Глава V

ЦВЕТНЫЕ МЕТАЛЛЫ И ИХ СПЛАВЫ

§ 15. ОБЩИЕ ПОНЯТИЯ О ЦВЕТНЫХ МЕТАЛЛАХ И СПЛАВАХ. МЕДЬ И ЕЕ СПЛАВЫ

Многие цветные металлы и их сплавы обладают рядом ценных качеств: хорошей пластичностью, вязкостью, высокой электропроводностью и теплопроводностью, коррозионной стойкостью и др.

Благодаря этим качествам цветные металлы и сплавы наряду с пластмассами в авиационной, электротехнической и радиотехнической промышленности являются основными материалами.

Из цветных металлов в чистом виде и в виде сплавов широко используют медь, свинец, алюминий, магний, цинк.

Медь по своему значению в машиностроении является наиболее ценным техническим материалом. Она хорошо сплавляется с большинством металлов. Медь в чистом виде имеет красный цвет; чем больше в ней примесей, тем грубее и темнее излом. Температура плавления меди 1083° С, плотность 8,92 *г/см*³.

Медь хорошо проводит электричество и тепло, уступая в этом отношении только серебру, ее используют для изготовления электрических проводов, деталей электрооборудования, холодильных установок и т. д.; отличается хорошей коррозионной стойкостью, поэтому широко применяется в химическом машиностроении и теплотехнике. Медь — очень вязкий металл, трудно поддается обработке резанием, так как стружка налипает на режущий инструмент. Для изготовления деталей машин чистая медь почти не применяется из-за низкой механической прочности.

В зависимости от чистоты (ГОСТ 859—66) предусмотрено десять марок меди: М00, М0, М0б, М1, М1р, М2, М2р, М3, М3р, М4. В наиболее чистой меди (марка М00) общее количество примесей не превышает 0,1 и 0,5%. Наибольшее количество примесей (до 1%) содержит медь М4.

Медь М0 (электролитическая) предназначается для изготовления проводников тока и сплавов высокой чистоты, М3 — для проката и литейных медных сплавов (кроме бронзы), а медь М4 — для литейных бронз и паяния.

Значительная часть меди используется для изготовления сплавов на медной основе: латуни, бронзы, медно-никелевых сплавов. Эти сплавы прочнее чистой меди, их часто применяют в технике.

Латунь (ГОСТ 1019—47) представляет собой сплав меди с цинком. Процентное содержание цинка в сплаве может колебаться в широких пределах и оказывает влияние как на механические свойства, так и на цвет латуни. С увеличением содержания цинка до 45% механические свойства латуни улучшаются, предел прочности возрастает до 32—65 *кГ/мм*², а относительное удлинение — до 65%. Температура плавления латуни составляет 800—1099° С. Чем больше в латуни цинка, тем ниже температура ее плавления.

В состав латуней, кроме меди и цинка, вводят алюминий, никель, железо, марганец, олово и кремний. Такие латуни называются специальными; эти добавки сообщают сплавам латуни повышенную прочность, твердость, антикоррозионную стойкость, улучшают литейные свойства.

Приняты следующие буквенные обозначения: Л — латунь, С — свинец, А — алюминий, Ж — железо, Н — никель, Мц — марганец, О — олово, К — кремний. Цифрами обозначается среднее процентное содержание меди; например в латуни Л96 содержится 96%

меди; в латуни ЛО62-1 содержится 62% меди и примерно 1% олова, остальное цинк.

Свинцовистые латуни ЛС59-1, ЛС60-1, ЛС63-3, ЛС64-2, ЛС74-3 обладают высокими механическими свойствами, хорошо обрабатываются резанием и штампуются; ЛС62-1, ЛС70-1 обладают высокими антикоррозионными свойствами в морской воде, хорошо обрабатываются в горячем состоянии. Эти латуни находят широкое применение в судостроении.

Бронзы представляют собой сплавы меди с любым другим металлом — свинцом, алюминием, кремнием, оловом, марганцем, никелем, железом, кроме цинка.

Бронзы обладают хорошими литейными и антифрикционными свойствами, высокой прочностью и твердостью, коррозионной стойкостью и хорошо обрабатываются резанием; при небольшом содержании легирующих элементов бронзы обрабатываются давлением.

В зависимости от состава бронзы делятся на оловянные и безоловянные (специальные), к которым относятся алюминиевая, кремнистая, свинцовистая и др. (ГОСТ 5017—49).

Маркировка бронз та же, что и для латуней: буквы Бр — бронза, дальше начальные буквы названий тех основных элементов, которые входят в состав сплава, а цифры, стоящие за буквами, соответственно обозначают их процентное содержание в бронзе. Например, БрОФ6,5-0,25 обозначает марку оловянисто-фосфористой бронзы, содержащей 6—7% олова и около 0,25% фосфора. Фосфористая бронза применяется для изготовления вкладышей подшипников, червячных колес, а также деталей, находящихся в соприкосновении с морской водой.

Бронза БрОЦС6-6-3 применяется для изготовления машинной, водяной и паровой арматуры, а также гаек, втулок, поршней и т. д.

§ 16. АЛЮМИНИЙ И ЕГО СПЛАВЫ

Алюминий — легкий металл серебристо-белого цвета, плотность 2,7 *г/см*³, температура плавления 660° С. Механические свойства алюминия невысокие, поэтому в качестве конструкционного материала применяется редко.

Алюминиевый (ГОСТ 11069—64) сплав характеризуется высокой пластичностью, хорошо штампуется, легко прокатывается и прессуется, хорошо сваривается газовой и контактной сваркой, литейные свойства его низкие, обрабатываемость резанием плохая.

Важнейшим свойством алюминия является устойчивость против коррозии благодаря образованию на его поверхности прочной защитной пленки — окиси алюминия.

Алюминий обладает высокой электро- и теплопроводностью (но несколько худшей, чем медь), поэтому наибольшее применение он нашел в электротехнической промышленности для изготовления проводов, кабелей, обмоток и т. п. Кроме этого, алюминий используется в химической промышленности, в приборостроении, а также для получения алюминиевых сплавов.

К неупрочняемым термической обработкой относят сплавы алюминия с марганцем — АМц и алюминия с магнием — АМг, АМг3, АМг5В, АМг5П, АМг6. Эти сплавы обладают высокой пластичностью, коррозионной стойкостью, хорошо свариваются и штампуются, но имеют невысокую прочность, которую можно повысить нагартовкой; из них изготовляют бензиновые баки, проволоку, заклепки и другие детали путем гибки и глубокой вытяжки, а также сварные резервуары для жидкостей и газов.

Дюралюмины — это сплавы, имеющие сложный химический состав, основу которого составляют алюминий, медь и магний; для повышения коррозионной стойкости добавляют марганец. Дюралюмины характеризуются небольшой плотностью, высокой прочностью, достаточной твердостью и вязкостью; для повышения механических свойств их подвергают термической обработке.

Дюралюмины не обладают достаточной стойкостью против коррозии, поэтому их подвергают плакитированию (покрытие поверхности) тонким слоем алюминия.

Основная часть алюминия используется для изготовления сплавов, которые можно разделить на две группы: деформируемые и литейные (ГОСТ 11069—64).

Деформируемые алюминиевые сплавы сравнительно легко обрабатываются в горячем и холодном состоянии (прокаткой, прессованием, волочением, ковкой, штамповкой и др.); из них изготовляют прутки, листы, проволоку, прессованные профили, поковки и т. д.

Деформируемые алюминиевые сплавы делятся на неупрочняемые и упрочняемые термической обработкой.

К деформируемым алюминиевым сплавам относятся также сплавы АК, АК4, АК6, АК8, в состав которых входят, кроме алюминия, медь, марганец, магний, кремний и в небольшом количестве никель. Из этих сплавов ковкой и штамповкой изготовляют крупные фасонные и высоконагруженные детали — поршни, лопасти винтов, крыльчатки насосов и т. д.

Высокопрочные алюминиевые сплавы обладают более высокой прочностью, чем дюралюмины повышенной прочности. Основу этих сплавов составляют цинк, медь, магний. Наиболее широко применяется сплав В95, прочность его после термической обработки выше, а пластичность и коррозионная стойкость ниже, чем у дюралюмина Д16, хорошо обрабатывается резанием и поддается точечной сварке. Из сплавов В95 изготовляют высоконагруженные элементы конструкции — детали каркасов, обшивку и т. д.

Литейные алюминиевые сплавы применяются при производстве деталей методом литья. Такие сплавы обладают высокой жидкотекучестью, позволяющей получать тонкостенные, плотные отливки со сравнительно малой усадкой, без трещин, с высокой прочностью, коррозионной стойкостью, тепло- и электропроводностью, хорошей обрабатываемостью резанием.

Наибольшее распространение получили литейные сплавы алюминия с кремнием — АЛ2, АЛ4, АЛ9, называемые силуминами. Они

обладают высокой жидкотекучестью, хорошей герметичностью, достаточно высокой прочностью, хорошо обрабатываются резанием, хорошо свариваются, сопротивляются коррозии и при изготовлении отливок не дают горячих трещин. Сплав АЛ2 применяется для изготовления деталей агрегатов, приборов, тонкостенных деталей сложной формы при литье в землю; сплав АЛ4 — для изготовления высоконагруженных деталей ответственного назначения; сплав АЛ9 — для изготовления деталей средней нагруженности, но сложной конфигурации, а также для деталей, подвергающихся сварке. Недостатком сплава АЛ9 является склонность к газовой пористости.

Сплавы на основе алюминия и магния обладают наиболее высокой коррозионной стойкостью и более высокими механическими свойствами после термической обработки по сравнению с другими алюминиевыми сплавами, но литейные свойства их низкие. Наиболее распространены марки АЛ8 и АЛ13. Из них изготовляют подверженные коррозионным воздействиям детали (для морских судов), а также детали, работающие при высоких температурах (головки цилиндров мощных двигателей воздушного охлаждения).

Сплавы на основе алюминия и меди (АЛ7, АЛ12, АЛ19) обладают невысокими литейными свойствами и пониженной коррозионной стойкостью, но высокими механическими свойствами. Эти сплавы применяются для изготовления отливок несложной формы, работающих с большими напряжениями (АЛ7), для отливки головок цилиндров маломощных двигателей воздушного охлаждения.

Сплавы на основе алюминия, меди и кремния характеризуются хорошими литейными свойствами, но коррозионная стойкость их невысокая. Эти сплавы широко применяют для изготовления отливок корпусов, арматуры и мелких деталей (сплав АЛ3), отливок ответственных деталей, обладающих повышенной теплоустойчивостью и твердостью (сплав АЛ4), отливок карбюраторов и арматуры двигателей (сплав АЛ6).

К сплавам на основе алюминия, цинка и кремния относится сплав АЛ11 (цинковый силумин), обладающий высокими литейными свойствами, а для повышения механических свойств подвергающийся модифицированию; плотность его сравнительно высокая — 2,9 *г/см*^{3}. Из этого сплава изготовляют отливки сложной конфигурации — картеры, блоки двигателей.

К жаропрочным сплавам относится литой сплав АЛ1, предназначенный для изготовления головок цилиндров, поршней, работающих при высоких температурах — до 300° С.

§ 17. МАГНИЕВЫЕ И ТИТАНОВЫЕ СПЛАВЫ

Магний представляет собой легкий металл серебристого цвета, плотность его 1,74 *г/см*^{3}, температура плавления 651° С. При температуре, несколько превышающей температуру плавления, легко воспламеняется и горит ярко-белым пламенем.

В связи с малой прочностью и слабой стойкостью против коррозии магний в качестве конструкционного материала не применяется, в основном он используется для получения магниевых сплавов.

Магниевые сплавы являются весьма легкими конструкционными материалами, поэтому их широко применяют в авиационной и других отраслях промышленности.

По технологическому признаку магниевые сплавы делятся на деформируемые и литейные.

Деформируемые магниевые сплавы МА1, МА2, МА3, МА5, МА6 применяют для изготовления полуфабрикатов — прутков, полос, труб, листов и т. д., а также штамповок и поковок.

Литейные магниевые сплавы (ГОСТ 2856—68*) нашли широкое применение для производства фасонного литья. Плотность этих сплавов составляет 1,75—1,83 *г/см*^{3}, они хорошо обрабатываются резанием, но литейные свойства их ниже литейных свойств алюминиевых сплавов. К недостаткам литейных магниевых сплавов следует отнести пониженную коррозионную стойкость во влажной среде, поэтому литейные, как и деформируемые магниевые сплавы, защищают оксидными пленками и лакокрасочными покрытиями. Марки литейных магниевых сплавов: МЛ1, МЛ2, МЛ3, МЛ4, МЛ5, МЛ6.

Маркировка магниевых сплавов состоит из буквы, обозначающей соответствующий сплав, буквы, указывающей способ получения (А — для деформируемых, Л — для литейных), и цифры, обозначающей порядковый номер сплава.

Титановые сплавы являются новым металлическим материалом, занимающим видное место. Температура плавления титана 1660° С, плотность 4,5 *г/см*^{3}, с углеродом титан образует очень твердые карбиды. Титан удовлетворительно куется, прокатывается и прессуется, обладает высокой стойкостью против коррозии в пресной и морской воде, а также в некоторых кислотах.

Наибольшее значение имеют сплавы титана с хромом, алюминием, ванадием (в небольшом количестве) при малом содержании углерода (десятые доли процента). Например сплав ВТ2, содержащий 1—2% алюминия и 2—3% хрома, а также сплав ВТ5, содержащий 5% алюминия, имеют высокую прочность и пластичность, применяются для изготовления листового материала. Сплав ВТ3, содержащий 5% алюминия, 3% хрома, имеет жаропрочность до 400° С. Многие сплавы титана подвергаются термической обработке, чем достигается еще бóльшая прочность, соответствующая прочности высоколегированных сталей.

Вопросы для самопроверки

1. Какое значение для промышленности имеют цветные металлы и их сплавы?
2. Расскажите о применении меди и ее сплавов. Как их обозначают?
3. Охарактеризуйте алюминий и его сплавы. Как они обозначаются?
4. Расскажите о применении, особенностях титана и его сплавов.

Глава VI

ОСНОВЫ ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ

§ 18. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Термической обработкой металлов и сплавов называется процесс изменения внутреннего строения (структуры) металлов и сплавов путем нагрева, выдержки и последующего охлаждения с целью получения металлов и сплавов с необходимыми свойствами.

Термической обработке подвергают заготовки (кованые, штампованные, литые и др.) и готовые детали. Заготовки подвергают термической обработке в целях улучшения их структуры и снижения твердости, а обрабатываемые детали — для придания им необходимых свойств: твердости, прочности, износостойкости, упругости и др.

Термическая обработка применялась с давних времен, но сущность изменений, происходящих при нагреве и охлаждении сплавов, и, следовательно, умение управлять ими и получать нужные результаты были изучены недавно.

Д. К. Чернов, работая на Обуховском заводе над изучением орудийных сталей, обнаружил ряд изменений в стали при ее нагревании и охлаждении, которые не были замечены металлургами до него. Наблюдая за раскаленными заготовками стали, он неоднократно замечал, что при определенных температурах в металле происходят какие-то внутренние превращения (изменения). Об этом можно было судить по двум признакам: в определенный момент цвет охлаждаемой стали становился на несколько мгновений ярче, и в это же время от стали интенсивно отскакивала окалина. Он открыл две температуры, которые оказывали решающее значение на строение и свойства охлажденной стали.

Д. К. Чернов назвал эти температуры критическими точками и обозначил буквами А и В. В настоящее время эти точки обозначают A_{c1} и A_{c3}. Одна критическая точка соответствовала темно-вишневому калению, т. е. 723° С (точка А), а вторая — красному калению — около 800° С (точка В).

Это открытие Д. К. Чернова имеет мировое значение. Практически оно значит, что для получения высоких механических свойств сталь следует нагревать до точки В или несколько выше, а затем охладить.

Последующие исследования ряда ученых подтвердили существование критических точек и превращений в стали, которые впервые объяснил Д. К. Чернов.

Изменяя температуру и продолжительность нагрева, температуру и продолжительность выдержки и скорость охлаждения, можно сообщить стали одного и того же химического состава самые разнообразные свойства, т. е. делать ее твердой или мягкой, в различной степени пластичной, хрупкой и т. п. Совокупность этих условий называется режимом термической обработки.

§ 19. АЛЛОТРОПИЧЕСКИЕ ЯВЛЕНИЯ В МЕТАЛЛАХ

Ранее отмечался процесс образования кристаллических решеток. Пространственные кристаллические решетки некоторых металлов не всегда являются постоянными. При определенных условиях решетка может изменяться, так как атомы находятся в непрерывном тепловом движении (колебании). С повышением

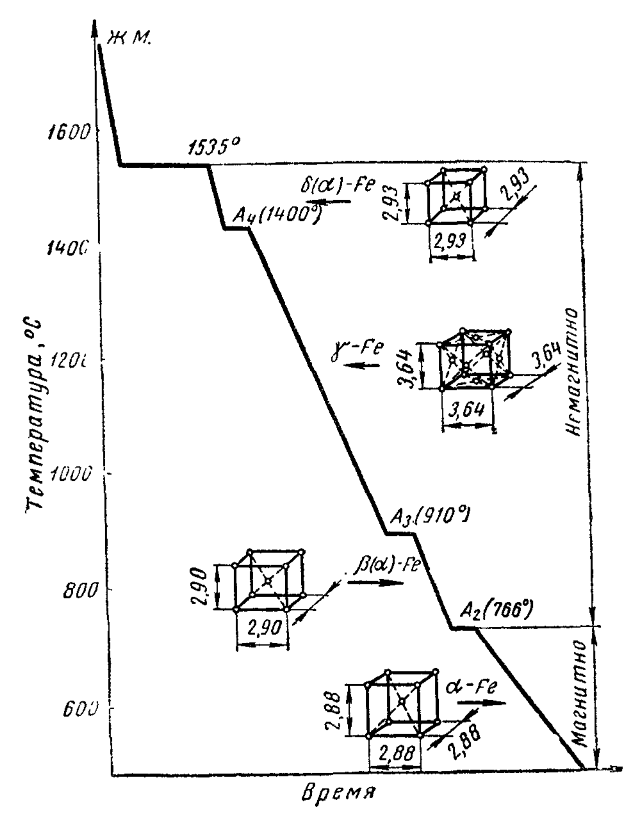


Рис. 25. Схема аллотропических превращений чистого железа при охлаждении

температуры металла амплитуда колебаний их резко возрастает и наоборот. Сущность расплавления металла заключается в том, что кристаллическая решетка разрушается и атомы приходят в беспорядочное передвижение.

Изменение строения, или параметров (размеров), кристаллической решетки металла всегда приводит к изменению его физико-механических свойств.

Способность металлов образовать несколько типов кристалли-

ческих решеток называется полиморфизмом* или аллотропией. Процесс перехода из одного типа кристаллического строения в другой называется аллотропическим превращением. Различные типы кристаллического строения называют аллотропической формой, или модификациями. Модификации обозначаются буквами греческого алфавита: α — альфа, β — бета, γ — гамма, δ — дельта.

На рис. 25 показаны аллотропические превращения при охлаждении чистого железа. При температуре 1535° С железо из жидкого состояния переходит в твердое. В результате образуется δ-железо, имеющее кристаллическую решетку объемно-центрированного куба.

При охлаждении до 1400° С δ-железо принимает новую аллотропическую форму — γ-железо, а решетка объемно-центрированного куба перестраивается в решетку гранецентрированного куба.

Охлаждение с 910 до 768° С вызывает переход γ-железа в β-железо с кристаллической решеткой объемно-центрированного куба. При температуре 768° С кристаллическая решетка уже не перестраивается, а только внутренне изменяется.

Таким образом, самостоятельными кристаллическими решетками, т. е. аллотропическими формами, являются α- и γ-железо. Кроме железа, аллотропические превращения могут испытывать кобальт, олово, марганец и другие металлы.

§ 20. ВЛИЯНИЕ НАГРЕВА И ОХЛАЖДЕНИЯ НА СТРУКТУРУ И СВОЙСТВА МЕТАЛЛОВ

При нагреве и охлаждении при определенных температурах в металле происходят изменения внутреннего строения.

Температуры, при которых происходят эти внутренние изменения, или структурные превращения, называются критическими точками.

Наглядное представление о кристаллизации и структурных превращениях при нагреве и охлаждении углеродистых сталей дает графическое изображение — диаграмма состояния сплавов железо — углерод. По ней определяют температуру плавления и застывания стали с различным содержанием углерода, изменение структуры. Диаграмма состояния помогает устанавливать правильные режимы ковки, штамповки, прокатки углеродистых сталей и их последующей термической обработки.

Диаграмма состояния сплава железо — углерод изображена на рис. 26. По горизонтальной оси диаграммы откладывается содержание углерода в стали в процентах, по вертикальной — температура в градусах Цельсия. Каждая точка на диаграмме характеризует определенный состав сплава при определенной температуре. В зависимости от температуры и содержания углерода сплавы

---

* Полиморфизм — способность химического вещества существовать в нескольких различных модификациях, различающихся по физическим свойствам. Частный случай полиморфизма — аллотропия железа.

железо — углерод могут иметь различные структурные составляющие: феррит, перлит, цементит, аустенит и др. Каждая из этих структур имеет свои свойства.

Феррит — Ф (от латинского слова «феррум» — железо) представляет собой твердый раствор углерода в α-железе. При 723° С в α-железе может содержаться до 0,02% углерода, а при 20° С — лишь 0,006% углерода. Феррит обладает высокой пластичностью, низкими твердостью (*НВ* 80—100) и прочностью ($\sigma_в$=25 *кГ/мм*²) и высокими магнитными свойствами, которые сохраняются до температуры точки Кюри (768° С). Под микроскопом феррит наблюдается в виде светлых зерен. Кристаллическая решетка феррита — кубическая объемно-центрированная.

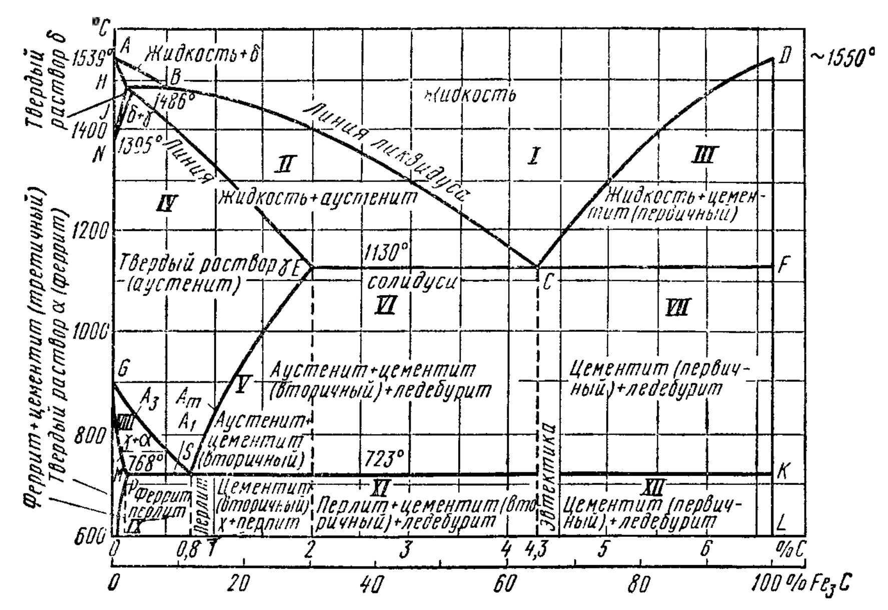


Рис. 26. Диаграмма состояния железоуглеродистых сплавов

Цементит — Ц — химическое соединение железа с углеродом, т. е. карбид железа. Цементит содержит 6,67% углерода и до 210° С сохраняет магнитные свойства. Цементит обладает высокой твердостью (*НВ* 760—800) и повышенной хрупкостью. В структуре стали и чугуна под микроскопом цементит наблюдается в виде игл, отдельных включений и сетки по границам зерен.

Аустенит — А (по имени У. Робертса-Аустена — английского металлурга) — твердый раствор углерода в γ-железе. Он немагнитен, отличается высокой пластичностью, значительными прочностью и вязкостью. Твердость аустенита *НВ* 170—220. Микроструктура аустенита представляет зерна в виде многогранников. Кристаллическая решетка — кубическая гранецентрированная.

Перлит — П — механическая смесь кристаллов феррита и цементита. Эта структура образуется в результате распада аустенита при медленном охлаждении.

Чистый перлит содержит 0,8% углерода. В зависимости от формы образования цементита перлит бывает пластинчатый (цементит в виде пластинок) и зернистый (цементит в виде зерен). Механические свойства перлита зависят от степени измельчения частичек цементита. Перлит с наиболее мелкими частицами цементита обладает наивысшими механическими свойствами. Твердость пластинчатого перлита *HB* 200—250, зернистого *HB* 160—220.

Ледебурит — представляет собой эвтектику (смесь), состоящую из кристалликов цементита и аустенита и образующуюся при кристаллизации жидкого сплава, содержащего 4,3% углерода.

Диаграмма состояния сплавов железо — углерод, представленная на рис. 26, охватывает не все сплавы железа с углеродом, а лишь содержащие от 0 до 6,67% углерода, т. е. от чистого железа до цементита. Железоуглеродистые сплавы, содержащие более 5% углерода, не представляют практического интереса. Число 6,67% взято в качестве предела на том основании, что при таком содержании углерода образуется химическое соединение — цементит.

Когда температура сплава соответствует линии *ACD*, начинается процесс кристаллизации: из жидкого сплава *I* выделяются кристаллы аустенита (линия *AC*) и цементита (линия *CD*). Так как цементит выделяется из жидкого сплава в процессе первичной кристаллизации, то его называют первичным. Линия *AECF* является линией **солидуса**. В точке *C* сплав, содержащий 4,3% углерода, переходит в твердое кристаллическое состояние. Эту точку и сплав такого состава называют **эвтектическим**. Структура эвтектического сплава представляет собой ледебурит. Таким образом, чугун, содержащий 4,3% углерода, называют эвтектическим, менее 4,3% углерода — доэвтектическим и более 4,3% углерода — заэвтектическим.

В зоне *III* диаграммы сплав состоит из цементита и жидкого сплава, а в зоне *II* — из кристалликов аустенита и жидкого сплава. Содержание углерода в кристалликах аустенита определяется линией *AJE*.

При температурах, соответствующих линии *AB*, из жидкого сплава выделяется твердый раствор δ. На горизонтали *HJB* при 1486° С происходит превращение. Оставшийся жидкий сплав взаимодействует с твердым раствором δ и в точке *J* переходит в аустенит, левее точки *J* — в структуру аустенит — твердый раствор δ, правее точки *J* — в аустенит и жидкий сплав.

Затвердевание сплавов, содержащих до 2% углерода, заканчивается на линии *AHJE*. Ниже линии *HJE* в зоне *IV* сплавы представляют собой аустенит.

В нижней части диаграммы превращение происходит в твердом состоянии. Линия *GS* (линия A_3) представляет собой температуры начала выделения феррита и аустенита. Она показывает, что тем-

пература образования феррита понижается с 910° С (точка *G*) для чистого железа до 723° С (точка *S*) для сплава, содержащего 0,8% углерода. Феррит, который выделяется из аустенита при охлаждении, содержит не более 0,04% углерода.

При понижении температуры до 723° С (линия *PS*) в зоне *VIII* сплав состоит из феррита и аустенита. В точке *S* аустенит переходит в перлит. В результате превращений сплавы, содержащие менее 0,8% углерода, имеют структуру феррита и перлита (зона *IX*). При содержании углерода 0,8% в структуре остается только перлит, называемый эвтектоидом. Сталь, содержащую 0,8% углерода, называют эвтектоидной, менее 0,8% углерода — доэвтектоидной, более 0,8% углерода — заэвтектоидной.

В зоне *V* находятся в равновесии две структурные составляющие — цементит и аустенит. Линия *SE* определяет предел растворимости углерода в аустените. При 1130° С (точка *E*) в аустените растворяется 2% углерода. В зоне *X* структура сплавов состоит из перлита и вторичного цементита.

В зоне *VI* сплав состоит из ледебурита, аустенита и вторичного цементита, в зоне *VII* — из первичного цементита и ледебурита, в зоне *XI* — из перлита, вторичного цементита и ледебурита, наконец, в зоне *XII* — из ледебурита и первичного цементита.

Описанные изменения структуры сплавов при охлаждении обратимы.

Приборы для измерения температуры нагрева

Правильное определение температуры нагрева стали при термической обработке имеет очень большое значение.

При нагревании стали необходимо помнить, что разные марки ее имеют различную температуру нагрева.

Для измерения и контроля температуры до 400° С пользуются ртутными и спиральными термометрами, а в печах с рабочей температурой до 1250° С и выше — термоэлектрическими и оптическими пирометрами.

Термоэлектрический пирометр (рис. 27) состоит из термопары *1* и милливольтметра (гальванометра) *2*. Термопара

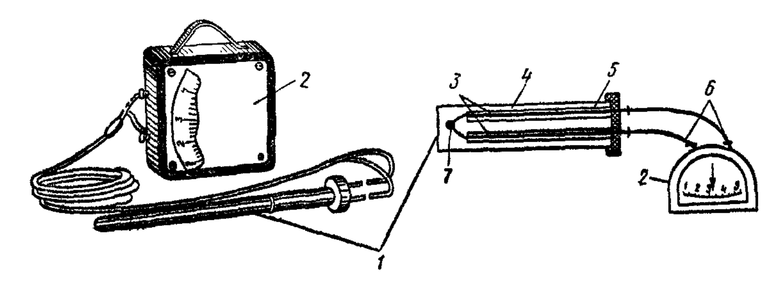


Рис. 27. Термоэлектрический пирометр:

1 — термопары, *2* — милливольтметр, *3* — проволоки, *4* — кожух, *5* — фарфоровая трубочка, *6* — проводники, *7* — место спая

представляет собой прибор, в котором имеются две проволоки (термоэлектроды) *3* из разнородных металлов или сплавов, сваренных в точке *7*. Каждая из проволочек заключена в фарфоровую трубочку *5*. Трубочки помещены в кожух *4*. Свободные концы проволочек соединены с гальванометром при помощи зажимов.

Если термопару местом «горячего» спая *7* поместить в печь, температуру которой определяют, то в проводниках *6* возникает термоэлектродвижущая сила (ток). Чем выше будет температура «горячего» спая, тем выше будет величина термоэлектродвижущей силы (тока), которая вызывает отклонение стрелки милливольтметра.

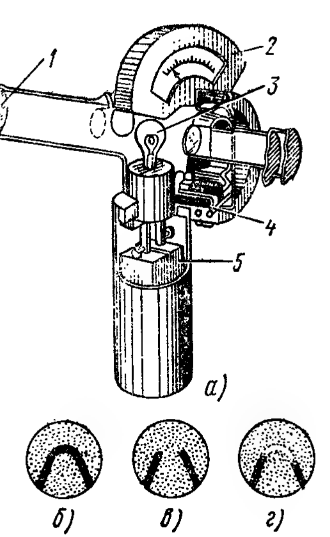


Рис. 28. Оптический пирометр с «исчезающей нитью»:
а — устройство, *б* — нить нагрета слабее детали, *в* — нагрев одинаков, *г* — нить нагрета сильнее детали; *1* — окуляр, *2* — шкала, *3* — лампочка, *4* — реостат, *5* — аккумулятор

Оптический пирометр с «исчезающей нитью» (рис. 28, *а*) представляет собой зрительную трубу с окуляром *1*, внутри которой имеется лампочка *3*, питаемая от аккумулятора *5*. Ток, изменяемый реостатом *4*, измеряется прибором, шкала *2* которого разделена на градусы.

Для измерения температуры трубу наводят на испытуемый объект, например на нагреваемую деталь в печи, таким образом, чтобы в окуляре было видно светлое пятно. С увеличением силы тока светящаяся нить лампочки становится ярче, чем фон, полученный от нагретой детали (рис. 28, *г*), а с уменьшением тока — темнее, чем фон детали (см. рис. 28, *б*). Регулируя реостатом ток в лампочке, можно сделать так, что изображение нити на фоне (рис. 28, *в*) станет незаметным. При этом по отклонению стрелки пирометра определяют температуру нагрева металла.

Для контроля используются также электронные автоматические потенциометры типа ЭПД. Температура в них записывается на дисковой диаграмме, которая совершает полный оборот за 24 *ч*. Для наблюдения за показаниями прибор имеет также показывающую стрелку. Контроль температур при термической обработке осуществляют также приближенными способами, дающими ориентировочное значение температур нагретого металла по оттенкам, которые принимает раскаленная сталь. К таким способам относятся определение температуры металла по цветам каления (рис. 29, вклейка, стр. 64), при нагреве под закалку или отжиг, а также определение температуры металла при отпуске по цветам побежалости, появляющимся на поверхности изделия (см. рис. 30, вклейка, стр. 64). Наблюдаемая поверхность металла в этом случае должна быть чистой, без окалины.

§ 21. ВИДЫ ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ. ОТЖИГ И НОРМАЛИЗАЦИЯ

В зависимости от температуры нагревания и условий охлаждения различают следующие виды термической обработки: отжиг, нормализация, закалка и отпуск. Они имеют различные назначения и отличаются друг от друга скоростью и температурой нагрева, временем выдержки при этой температуре и скоростью охлаждения. Температура нагрева при отжиге, нормализации и закалке зависит от содержания углерода.

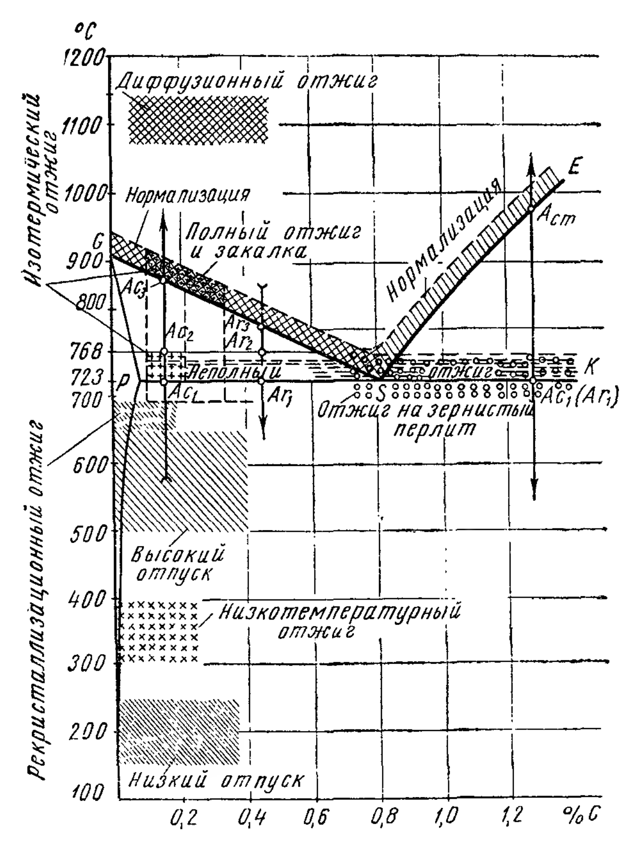


Рис. 31. Оптимальные интервалы нагрева стали для отжига, нормализации, закалки и отпуска

Отжигом называют такую операцию, при которой сталь нагревают до определенной температуры, выдерживают при этой температуре и затем медленно охлаждают вместе с печью. Отжиг повышает обрабатываемость стали резанием, а также обрабатываемость без снятия стружки.

Целью отжига является:

уменьшение внутренних напряжений в деталях после механической (горячей или холодной) обработки — низкотемпературный отжиг;

устранение нежелательного изменения в структуре, вызванного обработкой,— полный отжиг;

изменение структуры в целях облегчения условий обработки резанием, т. е. уменьшение сопротивления стали резанию,— неполный отжиг.

Низкотемпературный отжиг. Неравномерность охлаждения стального проката или поковок приводит к образованию внутренних напряжений в металле, которые, в необработанной заготовке не проявляются и обнаруживаются только при односторонней ее обработке. Волочение, прокатка, строгание, точение, фрезерование и др. вызывают возникновение в заготовке внутренних напряжений, которые должны быть уменьшены или полностью устранены перед закалкой изделия. В таких случаях достаточно нагреть заготовку до температуры 500—600° С.

Полный отжиг применяют главным образом после горячей обработки деталей (ковки и штамповки), а также для обработки литья из углеродистых и легированных сталей. Основной целью полного отжига кованых и литых деталей является измельчение зерна. Полный отжиг осуществляется путем нагрева стали на 30—50° С выше линии *GSK* (точка A_{c3}) (рис. 31), выдержки при этой температуре и последующего медленного охлаждения вместе с печью. Время выдержки при нагреве должно быть достаточным для прогрева изделий по всему сечению.

Неполный отжиг. Если до отжига структура стали удовлетворительная, но сталь обладает повышенной твердостью и в деталях имеются внутренние напряжения, применяют неполный отжиг. При неполном отжиге сталь нагревают до температуры, на 30—40° С превышающей нижнюю критическую точку A_{c1}, т. е. до 750—760° С. Замедленное охлаждение или длительная выдержка стали при температурах 680—750° С способствуют образованию крупнозернистости, облегчающей обрабатываемость стали.

Для мягких сталей с содержанием углерода до 0,4—0,5% неполный отжиг применяется редко. Для инструментальных сталей неполный отжиг является единственным видом отжига. Он способствует снятию внутренних напряжений и улучшению обрабатываемости.

Изотермический отжиг в отличие от полного отжига заключается в том, что сталь нагревают до температуры на 30—50° С выше точки A_{c3} (конструкционные стали) или выше точки A_{c1} на 50—100° С (инструментальные стали) и после выдержки охлаждают в расплавленной соли до температуры ниже точки A_{r1} на 30—100° С (680—700° С). При этой температуре сталь подвергают выдержке, а затем охлаждают до комнатной температуры. Температура изотермической выдержки (650—700° С) оказывает значительное влияние на свойство стали.

Основное преимущество изотермического отжига состоит в том,

что он позволяет сократить длительные циклы, применяемые при указанных отжигах деталей из легированной стали, которые требуют очень медленного охлаждения для снижения твердости.

Диффузионный отжиг (гомогенизацию) применяют, чтобы выровнять (путем диффузии) химический состав стали в слитках и крупных отливках. Диффузионный отжиг осуществляют при высоких температурах (1100—1200° С) с выдержкой от 10 до 15 *ч* при этой температуре, а затем медленно охлаждают до 600—550° С.

Сталь, прошедшая диффузионный отжиг, обладает более высокими механическими свойствами, особенно повышается ударная вязкость.

Отжиг на зернистый перлит применяют для сталей, содержащих более 0,65% углерода, с целью понизить их твердость и улучшить обрабатываемость резанием. Для отжига сталь нагревают немного выше A_{c1} и после выдержки при рабочей температуре в течение 3—5 *ч* медленно охлаждают (со скоростью 30—50° С в час) сначала до 700° С, затем до 650—600° С и далее на воздухе.

Рекристаллизационный, или низкий, отжиг применяют для исправления искажений кристаллической решетки, полученных при холодной прокатке, волочении или холодной штамповке. Отжиг производят нагреванием стали до температуры ниже точки A_{c1} (630—650° С) с выдержкой при этой температуре и медленным охлаждением, в результате чего вместо деформированной (вытянутой) структуры получают мелкозернистую, равноосную, мягкую и вязкую структуру.

Нормализацией называется операция нагрева стали на 30—50° С выше линии *GSE* (точки A_{c3} — для конструкционной стали или A_{cm} — для инструментальной стали) с выдержкой при этой температуре и последующим охлаждением на воздухе.

Нормализации подвергаются штампованные и кованые заготовки из углеродистой и легированной стали. Цель нормализации — улучшение микроструктуры стали, повышение механических свойств и подготовка к последующей термической обработке. Нормализацией можно исправить структуру после ковки и штамповки деталей, уничтожить последствия перегрева после сварки деталей и снять напряжения в сварном шве. После нормализации отливки имеют высокий предел текучести и прочности, а также повышенную ударную вязкость. Для некоторых марок углеродистых и специальных сталей нормализация является окончательной операцией термической обработки, так как в результате нормализации сталь приобретает требуемые свойства.

§ 22. ЗАКАЛКА, СКОРОСТЬ НАГРЕВА, ЗАКАЛОЧНЫЕ СРЕДЫ, СПОСОБЫ ЗАКАЛКИ

Закалкой называют такую операцию термической обработки, при которой сталь нагревают до температуры, несколько выше критической, выдерживают при этой температуре и затем быстро охлаждают в воде, масле, водных растворах солей и др.

Цель закалки — получение стали с высокими твердостью, прочностью, износоустойчивостью и другими важными свойствами, повышающими эксплуатационную надежность и долговечность обрабатываемых деталей и инструмента. Качество закалки зависит от температуры и скорости нагрева, времени выдержки и скорости охлаждения.

Температуры нагрева. При закалке конструкционные стали нагревают на 20—40° С выше линии *GS* (точки A_{c3}), а инструментальные стали — на 30—50° С выше линии *PSK* (точки A_{c1}), выдерживают в течение времени, необходимого для выравнивания температуры по всему сечению детали, и быстро охлаждают.

Быстрорежущие, нержавеющие и другие высоколегированные стали закаливают при более высоких температурах нагрева: быстрорежущую сталь Р18 закаливают при температуре 1260—1280° С, а нержавеющую сталь (например, 4Х13) — при температуре 1050—1100° С.

При выборе режимов закалки пользуются соответствующими справочниками *.

Допускаемая скорость нагрева металла при термической обработке зависит от типа нагревательного устройства, массы одновременно нагреваемого металла, его химического состава, теплопроводности, степени однородности и чистоты, а также формы, размеров деталей и температуры нагрева.

Увеличение скорости нагрева сокращает длительность термической обработки, повышается производительность оборудования, уменьшается угар металла и т. д.

Чем больше в стали углерода и легирующих элементов, чем сложнее форма и больше размеры детали, тем медленнее должен осуществляться нагрев во избежание возникновения больших внутренних напряжений, которые вызовут коробление и даже образование трещин в деталях.

Для медленного нагрева детали загружают в холодную печь (медленный нагрев вместе с печью). При загрузке деталей в печь, имеющую температуру заданного режима термообработки, достигается высокая скорость нагрева. Таким методом главным образом нагревают мелкие детали — пружины, шпильки, гайки и т. п.

Медленно нагревают детали до температуры 500—600° С, затем процесс нагрева ускоряют, так как внутренние напряжения в деталях из-за разности температур уже не будут возникать. Время нагрева инструментальных углеродистых и среднелегированных конструкционных сталей больше, чем конструкционных углеродистых сталей, на 25—50%, а высоколегированных на 50—100%.

После нагрева до заданной температуры детали выдерживают в течение определенного промежутка времени для выравнивания температуры по всему сечению детали и завершения структурных превращений.

---

* С. А. Филинов и И. В. Фиргер. Справочник термиста. «Машиностроение», Ленинград, 1969.

Закалочные среды применяют следующие: воду, водные растворы солей, расплавленные соли и минеральные масла (веретенное 2 и 3; машинное Л, С, СУ и трансформаторное).

Закалочную среду выбирают с учетом химического состава стали. Нужно иметь в виду, что единой универсальной среды для закалки стали нет, поэтому пользоваться следует различными средами. В качестве закалочных сред используют также 5—10%-ный раствор едкого натра или поваренной соли, при этом скорость охлаждения стали в два раза больше.

Способы закалки. Основными способами закалки стали являются: закалка в одном охладителе, в двух средах, ступенчатая, с подстуживанием, самоотпуском и изотермическая.

Закалка в одном охладителе состоит в погружении нагретых изделий в жидкость (вода для углеродистых сталей, масло для легированных), где оставляют их до полного охлаждения. Такой способ закалки применяется для закалки изделий простой формы.

Недостаток его заключается в том, что в результате большой разницы в температурах нагретого металла и охлаждающей среды в деталях возникают большие внутренние напряжения, называемые термическими, которые вызывают трещины и коробления и другие дефекты.

Закалка в двух средах, или прерывистая закалка, состоит в следующем. Нагретые детали сначала быстро охлаждают в воде до температуры 300—400° С, а затем быстро переносят для полного охлаждения в масло. Такую закалку применяют обычно для высокоуглеродистых инструментальных сталей. Недостаток прерывистой закалки состоит в том, что трудно установить время пребывания детали в первой среде, так как оно очень мало (1 *сек* на каждые 5—6 *мм* сечения детали). Излишняя выдержка в воде вызывает коробление и появление трещин.

Ступенчатая закалка, предложенная русским ученым-металлургом Д. К. Черновым, заключается в том, что нагретые детали сначала охлаждают в расплавленной соли или в масле (температура которых должна быть 240—250° С), выдерживают в этой среде, а затем переносят для окончательного охлаждения на воздух.

Ступенчатую закалку широко применяют в массовом производстве, особенно при изготовлении инструмента с небольшим сечением, требующего высокой твердости. Этот способ дает закалку с минимальными внутренними напряжениями, а следовательно, уменьшает опасность коробления и образования трещин.

Наиболее хорошо поддаются ступенчатой закалке глубоко прокаливающиеся углеродистые и легированные стали 9ХС, ХГ, ХВГ и др.

Закалка с подстуживанием применяется для уменьшения разницы в температурах металла и закалочной среды, если нагрев детали проведен до температуры, значительно превышающей температуру закалки данной стали.

Нагретую деталь перед погружением в закалочную среду выдерживают (подстуживают) некоторое время на воздухе. При подстуживании необходимо, чтобы температура детали не опускалась ниже точки A_{r3} для конструкционных сталей и ниже точки A_{r1} для инструментальных. Цель этого способа закалки — уменьшение внутренних напряжений и коробления деталей, особенно цементованных.

Закалка самоотпуском состоит в том, что нагретую деталь выдерживают в охлаждающей среде не до полного охлаждения; иногда в закалочную среду погружают только часть детали, для которой требуется высокая твердость.

В некоторый момент охлаждение прерывают, чтобы сохранить в сердцевине детали тепло, за счет которого осуществляется отпуск. Этот момент устанавливается опытным путем, качество закалки в этом случае зависит от мастерства термиста.

Контроль за температурой отпуска при этом способе закалки осуществляется по так называемым цветам побежалости, возникающим на поверхности детали при температуре 220—330° С.

Закалку с самоотпуском применяют только для обработки ударного инструмента — зубил, бородков, кернеров и др., так как у такого инструмента твердость должна равномерно и постепенно понижаться от рабочей части к хвостовой.

Изотермическая закалка — наиболее прогрессивный способ закалки, его применяют в том случае, когда нужно изготовить деталь с максимальной прочностью, достаточной пластичностью и вязкостью. Сталь, нагретую на 20—30° С выше линии *GSK* (точка A_{c3}), быстро охлаждают в соляной ванне, имеющей температуру 250—300° С, выдерживают в этой горячей среде (изотермическая выдержка), а затем деталь охлаждают на воздухе.

Этот способ закалки позволяет снизить термические напряжения, так как после изотермической выдержки структурные изменения в стали уже не происходят. Изотермическую закалку применяют для пружин, рессор, болтов, труб и других изделий из легированных сталей 6ХС, 9ХС, ХВГ и др.

Патентирование стали состоит в нагреве деталей до температуры 800—900° С, выдержке и охлаждении в ваннах с расплавленным свинцом (500—600° С) и последующей обработке давлением. После патентирования сталь приобретает высокую прочность, обладает высокой упругостью и хорошей пластичностью.

При обычном охлаждении закаливаемых деталей необходимо соблюдать следующие правила:

количество охлаждающей жидкости должно быть достаточным, чтобы температура ее мало изменялась во время охлаждения закаливаемых деталей;

перед погружением нагретой детали охлаждающую среду (воду, масло) необходимо тщательно перемешать для выравнивания температуры;

для удаления образующейся вокруг погружаемой в жидкость детали паровой рубашки, препятствующей свежему притоку воздуха,

Детали	Правильно	Неправильно
Длинные детали (сверла, концевые фрезы, развертки, напильники)		
Цилиндрические изделия (цилиндрические фрезы)		
Дисковые детали (дисковые фрезы, дисковые пилы, пластины и пр.)		
Топоры, зубила, отвертки		
Обжимки, штампы		
Матрицы		
Мелкие штампы		

Рис. 32. Приемы погружения деталей при закалке

обрабатываемую деталь следует перемещать в вертикальном и горизонтальном направлениях;

тонкие длинные детали во избежание коробления нельзя охлаждать, опуская в жидкость плашмя, так как нижние слои металла, охлаждаясь первыми, сжимаются. Детали с неодинаковым сечением следует погружать более толстой частью вниз.

Приемы погружения деталей при закалке показаны на рис. 32. На образование трещин оказывает влияние форма углов у детали. Поэтому углы, особенно острые, необходимо закруглять и тщательно обрабатывать.

Угольник с прямым углом после закалки образует трещины, если не просверлить во внутреннем углу отверстия и не сделать подрезки. Зубья шлицевого валика охлаждаются быстрее сердцевины и уменьшаются в объеме быстрее, чем стержень. Поэтому в углах зубьев создаются сильные напряжения, вызывающие трещины.

§ 23. ПОВЕРХНОСТНАЯ ЗАКАЛКА

Часто требуется, чтобы деталь машины имела очень твердую износостойкую поверхность, но чтобы ее сердцевина при этом оставалась вязкой, прочной, хорошо переносила удары и знакопеременные нагрузки. К таким деталям относятся зубчатые колеса, шейки коленчатых валов и другие стальные тяжелые детали.

Из существующих способов поверхностной закалки наибольшее промышленное применение имеют: пламенная закалка, закалка токами высокой частоты (ТВЧ), а также закалка в электролитах.

Пламенная закалка. Поверхность стального или чугунного изделия подвергается нагреву ацетилено-кислородным пламенем до температуры, превышающей на 50—60° С верхнюю критическую точку A_{c3} с последующим быстрым охлаждением водяным душем (струя воды).

Сущность процесса пламенной закалки состоит в том, что тепло, проводимое газовым пламенем от горелки к закаливаемой детали, концентрируется на ее поверхности и значительно превышает количество тепла, распространяемого в глубь металла. В результате этого поверхность детали сначала быстро нагревается до температуры закалки, затем охлаждается, а сердцевина остается незакаленной и после охлаждения не изменяет свою структуру и твердость.

Для пламенной закалки поверхности применяются разнообразные устройства — от простой ручной горелки до сложных автоматов. Обычная кислородно-ацетиленовая горелка непригодна, поэтому применяют щелевые или форсуночные горелки, состоящие из большого количества сопел, или же горелки, имеющие смесительную камеру и несколько отверстий. В горелках сжигают ацетилен или светильный газ, оба газа применяют в смеси с кислородом.

Охлаждающим средством служит вода. Если закаливаемая деталь не слишком тонка или не имеет сложной конфигурации, то нет опасности образования трещин, поскольку одновременно закаливаются обычно небольшие поверхности.

Качество пламенной закалки поверхности зависит прежде всего от температуры пламени и от того, насколько правильно охлаждение струей воды. Глубина и температура нагрева регулируются

скоростью перемещения горелки и расстоянием горелки от изделия.

На рис. 33 приведена схема пламенной закалки. Горелку *1* перемещают вдоль поверхности нагреваемого изделия со скоростью 120—200 *мм/мин*. При такой скорости поверхностный слой металла нагревается до температуры 850° С.

Расстояние от пламени горелки до поверхности изделия зависит от мощности горелки и обычно составляет 8—15 *мм*. Охлаждается нагретый слой изделия водой из трубки *2*, следующей за горелкой с такой же скоростью. Глубина закаленного слоя *3* равна 2,5—4,5 *мм*.

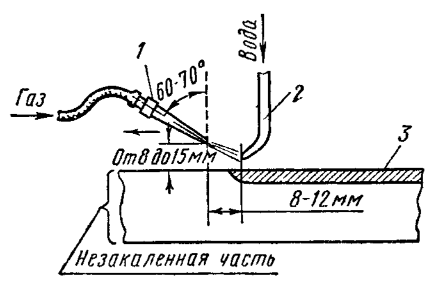


Рис. 33. Схема пламенной закалки:
1 — горелка, *2* — трубка с водой, *3* — закаленный слой

Закаленный слой получает высокую твердость *HRC* 56—57 и остается чистым, без следов окисления и обезуглероживания. Переход структуры от поверхности к сердцевине плавный, что повышает эксплуатационную стойкость детали и полностью устраняет вредные явления — растрескивание и отслоение закаленных слоев. Другим достоинством этого способа является простота и низкая стоимость оборудования, отсутствие обезуглероживания и окисления.

Недостатком ацетилено-кислородной закалки является трудность регулирования температуры нагрева и глубины закаленного слоя, возможность перегрева поверхностного слоя.

З а к а л к а в э л е к т р о л и т е. При этом способе, предложенном советским инженером И. З. Ясногородским, изделие помещают в электролит *4* (5%-ный раствор Na_2SO_3). Корпус *5* (рис. 34) ванны является анодом, деталь *1* служит катодом. Постоянный ток поступает от генератора *3*. При прохождении через электролит тока напряжением 220—380 *в* и плотностью 3—4 *а/см²* выделяется водород, который осаждается на поверхности детали. Оседание пузырьков *2* водорода резко повышает электросопротивляемость изделия, и поверхность детали нагревается до 900—940° С. После этого ток выключают, а деталь закаливают в самом электролите или в закалочном баке.

Закалка в электролите проста, позволяет нагревать отдельные места детали, например торцы, дает возможность автоматизировать процесс. К недостаткам этого способа относятся трудность регулирования температуры, низкая производительность, ограниченное число деталей, поддающихся закалке, и необходимость предохранения их от коррозии.

П о в е р х н о с т н а я з а к а л к а т о к а м и в ы с о к о й ч а с т о т ы дает возможность в короткое время получить на изделии хорошо сопротивляющийся износу поверхностный слой при мягкой и вязкой сердцевине. Этот способ разработан В. П. Вологдиным.

При закалке нагреваемое изделие помещают внутри медной спирали, по которой пропускается ток высокой частоты. Этот ток создает вокруг спирали сильное переменное магнитное поле, поэтому в стальном изделии индуктируются вторичные короткозамкнутые (вихревые) токи, которые сосредоточены только на поверхности изделия и нагревают его на определенную глубину. Чтобы спираль первичного тока не нагревалась, ее делают из медной трубки, через которую пропускают воду. Такие спирали называются индукторами.

Индукторы могут иметь несколько витков или один, охватывающий нагреваемое изделие. Форма индуктора должна соответствовать форме закаливаемого изделия.

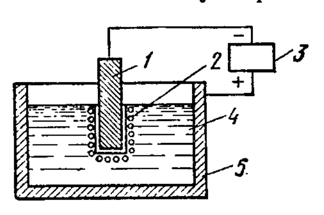


Рис. 34. Закалка в электролите:

1 — деталь, 2 — пузырьки, 3 — генератор, 4 — электролит, 5 — корпус

Для получения тока высокой частоты применяются машинные и ламповые генераторы. Скорость и температура нагрева зависят от зазора между индуктором и нагреваемой деталью: чем меньше этот зазор, тем быстрее деталь нагревается до заданной температуры. Обычно зазор между индуктором и нагреваемой деталью составляет 2—5 *мм*.

В зависимости от формы, размеров закаливаемых деталей и предъявляемых к ним требований различают три способа высокочастотной закалки.

Для закалки небольших деталей применяют способ одновременной закалки (рис. 35, *а*); вся поверхность закаливаемой детали находится в зоне действия индуктора и нагревается одновременно. Деталь в индукторе должна вращаться. После нагрева реле времени отключает индуктор от генератора и включается водяной душ, который одновременно охлаждает всю деталь.

Детали значительной длины закаливают непрерывно-последовательным способом (рис. 35, *б*). Вал *1* вращается вокруг вертикальной оси и перемещается внутри индуктора *2* сверху вниз, последовательно проходя через зону нагрева и зону охлаждения закалочного устройства *3*, к которому по шлангу *4* подается вода. Непрерывно-последовательную закалку стальных плит выполняют при помощи плоских индукторов (рис. 35, *в*).

Для закалки отдельных участков детали применяют способ последовательной закалки: поверхность нагревается и охлаждается по частям, например каждый зуб зубчатого колеса (рис. 35, *г*).

Преимущества обработки деталей токами высокой частоты: высокая производительность и большая экономичность, более высокая твердость по сравнению с другими способами поверхностной закалки, возможность точного регулирования глубины закаленного слоя, отсутствие окалины и меньшее коробление закаленных деталей, возможность автоматизации процесса, улучшение условий труда рабочих и др.

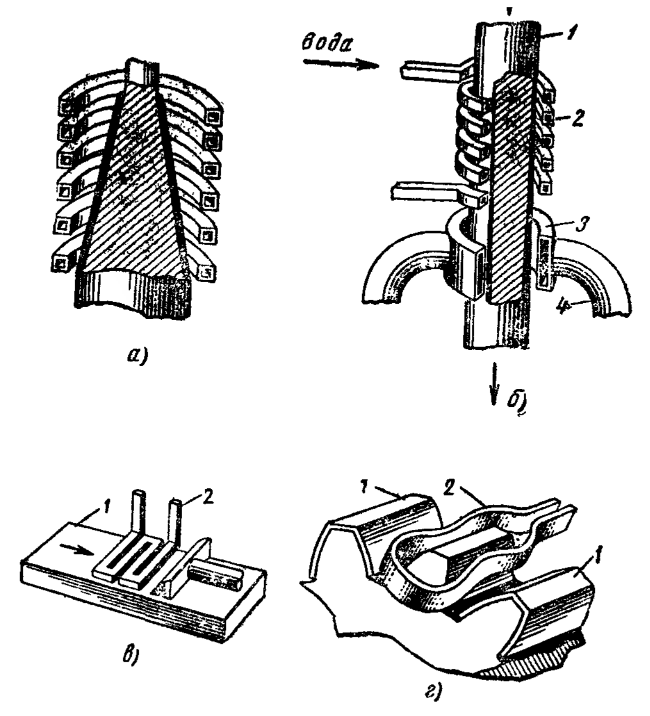


Рис. 35. Способы высокочастотной закалки:
а — одновременный, *б*, *в* — непрерывно-последовательный, *г* — последовательный; *1* — детали, *2* — индуктор, *3* — закалочное устройство, *4* — шланг

Обработка холодом

Обработка холодом (при отрицательных температурах) является новым методом термической обработки, разработанным советскими учеными А. П. Гуляевым, С. С. Штейнбергом, Н. А. Минкевичем. Обработке холодом подвергают инструменты и детали, содержащие не менее 0,6% углерода. Обычно этот метод применяют для инструментов, изготовленных из стали Р18, деталей — из цементируемых сталей 18ХНВА и из других легированных сталей. Обработку холодом применяют с целью повышения красностойкости и твердости стали.

Обработку холодом проводят сразу после остывания закаленных изделий до комнатной температуры путем их погружения в среду, имеющую температуру ниже нуля. После выдержки изделия извлекают на воздух. Выдержку при обработке холодом определяют временем, необходимым для полного охлаждения всего изделия и выравнивания температур по сечению. Охлаждают изделие до отрицательных температур в смеси твердой углекислоты

(сухой лед со спиртом, дающий охлаждение до —78° С) либо в жидком азоте (—196° С). Кроме того, применяют холодильные установки, позволяющие изменять температуру рабочей камеры в больших пределах.

§ 24. ОТПУСК И СТАРЕНИЕ ЗАКАЛЕННОЙ СТАЛИ

Отпуском называется процесс термической обработки, применяемый после закалки стали с целью устранения внутренних напряжений, уменьшения хрупкости, понижения твердости, увеличения вязкости и улучшения обрабатываемости.

Отпуск заключается в нагреве стали до температуры ниже линии *PSK* (точки A_{c1}), (см. рис. 31), выдержке при этой температуре с последующим охлаждением в воде, масле или другой среде. В зависимости от температуры нагрева различают низкий, средний и высокий отпуск.

Низкий отпуск применяют для обработки режущего и измерительного инструмента, изготовленного из углеродистых и низколегированных сталей, шариков и роликов шарикоподшипников и др. Низкий отпуск осуществляют при температуре 150—250° С с выдержкой при этой температуре и последующим охлаждением на воздухе.

В результате низкого отпуска сталь сохраняет высокую твердость *HRC* 60, устраняется хрупкость, снимаются внутренние напряжения.

Средний отпуск применяют для инструментов, которые должны обладать значительной прочностью и упругостью при средней твердости *HRC* 35—47, а также для некоторых деталей (пружин, рессор). Этот отпуск производится при температуре 300—500° С.

Высокий отпуск (500—600° С) применяется с целью полностью снять внутренние напряжения, придать деталям высокую вязкость при условии сохранения достаточной твердости. Высокому отпуску подвергаются детали машин из конструкционной стали, которые работают при больших напряжениях и ударах: зубчатые колеса, валы, шатуны и т. д.

Закалку и отпуск инструментов простых форм (бородков, кернеров, зубил и т. д.) обычно осуществляют с одного нагрева (закалкой с самоотпуском). Нагретый под закалку инструмент охлаждают не весь, а «замачивают» только его рабочую часть и, не вынимая из закалочной среды, перемещают в вертикальном направлении. Этим достигается равномерное изменение свойств металла. Отпуск рабочей части происходит после того, как инструмент вынут из охлаждающей жидкости, за счет тепла, сохранившегося в неохладившейся внутренней части инструмента. Рабочую часть инструмента быстро зачищают старым напильником, куском обломанного шлифовального круга или шлифовальной шкуркой. При появлении на поверхности рабочей части цвета побежалости,

соответствующего необходимой температуре, инструмент вновь погружают в закалочную среду до полного охлаждения.

Цвета побежалости и приблизительно соответствующие им температуры приведены на рис. 30. Таким образом, сердцевина инструмента, подвергнутого самоотпуску, будет иметь вязкость, необходимую, например, для зубила, которое должно выдерживать ударные нагрузки, испытываемые при рубке.

Старение закаленной стали. При низкотемпературном отпуске большая часть внутренних напряжений в закаленной стали остается. С течением времени они постепенно исчезают, в результате чего в металле наступает полное структурное равновесие. Самопроизвольное исчезновение внутренних напряжений при комнатной температуре весьма длительно и сопровождается изменением формы и размеров закаленных деталей. Этот процесс называют естественным старением. Изменение размеров в процессе естественного старения невелико и измеряется в микронах. Для деталей машин и режущего инструмента изменения размеров не имеют практического значения, поэтому их обычно не учитывают. Однако при изготовлении сверхточных машин, например координатно-расточных станков, измерительных калибров, даже такие небольшие изменения недопустимы. Чтобы размеры деталей и инструмента не изменялись с течением времени и оставались стабильными, их подвергают искусственному старению.

Сущность искусственного старения состоит в том, что закаленные и отпущенные при низкой температуре детали и инструмент после предварительного шлифования сначала подвергают нагреву до 100—150° С, затем выдерживают при этой температуре в течение 18—35 *ч*. При таком нагреве и выдержке все процессы, вызывающие изменение размеров стали, протекают значительно быстрее, чем при комнатной температуре. Поэтому после старения размеры деталей и инструмента стабилизируются.

Искусственное старение чаще всего производится в масляных ваннах. При отсутствии в цехе масляных ванн искусственное старение производят в кипящей воде с выдержкой в течение 36 *ч*.

Техника безопасности при термической обработке. Работы по термической обработке металлов выполняют в соответствии с правилами техники безопасности, указанными в специальной инструкции.

Вопросы для самопроверки

1. Какие физико-механические свойства стали могут быть изменены путем термической обработки?
2. В чем разница между деталями, прошедшими отжиг и нормализацию? Приведите примеры из вашей практики.
3. В каких случаях применяют закалку с нагревом металла в печах и в каких случаях нагрев осуществляют токами высокой частоты?
4. Назовите виды термической обработки стали и объясните их назначение.
5. Расскажите о процессе отжига стали. Какие виды отжига применяют?
6. Какие дефекты могут быть при закалке? Как их предупредить и устранить?
7. Как определяют температуру нагрева стали при закалке и отжиге?

Глава VII

ХИМИКО-ТЕРМИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА СТАЛИ

Химико-термической обработкой называется процесс изменения химического состава, структуры и свойств поверхностных слоев стальных деталей. Такой обработке часто подвергают детали с целью повышения твердости, износоустойчивости и коррозионной стойкости поверхностного слоя при сохранении вязкой и достаточно прочной сердцевины.

Наиболее распространенными видами химико-термической обработки являются цементация, азотирование, цианирование, а также диффузионная металлизация.

Кроме указанных видов обработки, также применяют хромирование (насыщение поверхности слоя хромом), силицирование (насыщение кремнием), борирование (насыщение бором).

§ 25. ЦЕМЕНТАЦИЯ

Цементацией называется процесс насыщения поверхностного слоя низкоуглеродистой стали углеродом. Цель цементации — получение высокой твердости поверхностного слоя деталей при сохранении вязкой и мягкой сердцевины, а также повышение износостойкости и предела усталости. Насыщенный углеродом поверхностный слой называется цементированным.

Цементации подвергают детали из углеродистой (иногда и легированной) стали, содержащей углерода от 0,01 до 0,25%.

Богатые углеродом смеси, применяемые для цементации, называются карбюризаторами. Они могут быть твердыми, жидкими и газообразными. От вида применяемого карбюризатора цементация разделяется на твердую, жидкую и газообразную.

Твердая цементация (в твердом карбюризаторе) является наиболее старым процессом химико-термической обработки. Карбюризатор представляет собой порошкообразную смесь, состоящую (по массе) из древесного угля (70%), углекислого бария (20—25%) и углекислого кальция (3—5%). Добавление к древесному углю углекислых солей ускоряет процесс цементации.

Процесс цементации заключается в следующем: поступившую после механической обработки деталь (с припуском на последующую обработку) перед цементацией тщательно очищают от окалины, грязи, ржавчины, масла и просушивают. Поверхности, не подлежащие цементации, покрывают огнеупорной глиной в смеси с 5—10% асбестового порошка или же слоем меди в гальванических ваннах.

Если нельзя предохранить поверхность указанными выше способами, цементируют всю деталь, а затем дополнительно закаливают те места, которые должны обладать высокой твердостью или износоустойчивостью.

Обрабатываемые детали укладывают в специальный ящик (рис. 36), изготовленный из жаростойкой стали, в следующем по-

рядке: на дно ящика *1* насыпают слой порошкообразного карбюризатора *6* толщиной 25—30 *мм* и плотно утрамбовывают. На карбюризатор укладываются детали *5* на расстоянии 15—30 *мм* друг от друга, а затем снова насыпают карбюризатор слоем толщиной 15—20 *мм* и утрамбовывают; после этого укладывают второй ряд деталей и т. д.

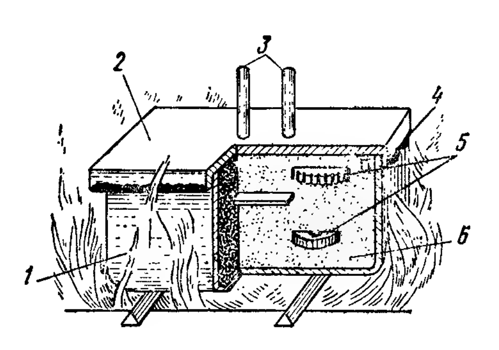


Рис. 36. Цементация изделий:
1 — ящик, *2* — металлическая крышка, *3* — контрольные прутки, *4* — огнеупорная глина, *5* — детали, *6* — карбюризатор

Одновременно с укладкой обрабатываемых деталей в ящик помещают контрольные прутки *3* диаметром 6—10 *мм* и длиной 250 *мм* из такого же материала, как и материал детали. Эти прутки называются «свидетелями». В дальнейшем по излому прутков определяют глубину науглероженного слоя.

Толщина верхнего слоя карбюризатора 30—40 *мм*. Ящик плотно закрывают металлической крышкой *2*, места между крышкой и стенками ящика промазывают огнеупорной глиной *4*, ставят в холодную печь и постепенно нагревают до температуры 850—920° С; более высокая температура может вызвать чрезмерное науглероживание поверхности, низкая температура замедляет процесс.

Цементация при температуре выше 950° С, но не более 1000° допускается только для легированных сталей. Длительность выдержки и температура зависят от требуемой глубины науглероживаемого слоя, например цементация стали при температуре 900° С в течение 5 *ч* дает науглероженный слой глубиной 0,4—0,5 *мм*, а в течение 10 *ч* — 1,0—1,3 *мм*.

По окончании цементации ящики выгружают из печей, охлаждение деталей производится медленно, вместе с ящиками. После цементации детали подвергают обязательной термической обработке: закалке в воде при температуре 760—780° С и низкому отпуску при температуре 160—180° С.

Ответственные детали после цементации охлаждают на воздухе, а затем закаливают при температуре 850—900° С и подвергают низкому отпуску (150—170° С).

Одним из существенных недостатков цементации в твердом карбюризаторе является значительная трудоемкость, загрязнение воздуха, невысокая производительность, большая длительность процесса. Для сокращения продолжительности цементации в качестве карбюризатора применяют пасты, имеющие различный состав, например, кокса 50%, углекислого натрия или калия 40%, щавелевокислого натрия или калия 10% и др. Разведенную пасту наносят на детали и «свидетели» окунанием или кистью до полу-

чения слоя покрытия толщиной 2—3 *мм*, а затем высушивают при температуре 100—120°, после чего детали и «свидетели» укладывают в ящики.

Жидкостная цементация осуществляется путем погружения деталей в соляные ванны при температуре 830—850° С. Карбюризатором при этом являются расплавленные соли, содержащие 75—80% углекислого натрия (сода), 10—15% поваренной соли и 6—10% карбида кремния. Цементация происходит за счет атомарного углерода, выделяющегося в ванне при 820—850° С от взаимодействия солей с карбидом кремния. Длительность процесса составляет 0,5—2 *ч*. За 40—50 *мин* процесса глубина цементированного слоя не превышает 0,2 *мм*.

Цементации подвергают мелкие детали, глубина цементированного слоя не должна превышать 0,5—0,6 *мм*.

Преимуществом цементации в соляных ваннах является равномерность нагрева и возможность непосредственной закалки после выемки из цементационной ванны. Процесс проходит быстрее, чем при цементации в твердой среде.

Газовая цементация заключается в насыщении поверхности стальных деталей углеродом в атмосфере углеродсодержащих газов. Газовую цементацию (в окиси углерода) впервые применил П. П. Аносов в 1837 г.

Газовую цементацию стальных деталей осуществляют в герметически закрытых камерах (муфелях) печей периодического или непрерывного действия путем нагрева при температуре 930—950° С в среде углеродсодержащих газов, например естественных, состоящих в основном из метана CH_4 и окиси углерода CO. Используют также жидкие карбюризаторы: бензол, пиробензол, осветительный керосин, синтин (продукт синтеза окиси углерода) и сжиженный природный газ.

Продолжительность процесса устанавливается в зависимости от требуемой глубины цементируемого слоя. Нагрев в газовом карбюризаторе и процесс насыщения поверхностного слоя являются более прогрессивными и экономичными по сравнению с твердой цементацией.

§ 26. АЗОТИРОВАНИЕ, ЦИАНИРОВАНИЕ

Азотированием называется процесс насыщения поверхностного слоя стальных деталей азотом. Цель азотирования — получение высокой твердости и износоустойчивости, хорошей сопротивляемости действию переменных нагрузок, высокого предела выносливости и коррозионной стойкости.

Азотирование производится в герметизированных муфельных камерных или шахтных печах путем нагревания деталей в атмосфере подаваемого под давлением газообразного аммиака NH_3. При температуре 500—750° С аммиак разлагается на азот и водород. Атомы азота поглощаются поверхностью металла, диффундируют вглубь и, соединяясь с атомами железа, образуют твердое соединение — нитрид.

Для повышения коррозионной стойкости деталей из углеродистой и конструкционной сталей процесс азотирования проводят при более высоких температурах (600—700° С) в течение 0,5—1 *ч*. Глубина азотированного слоя зависит от температуры и длительности процесса азотирования, а также от химического и структурного состава стали; в среднем при 500° С азот за каждые 10 *ч* диффундируют на глубину 0,1 *мм*.

Азотированию обычно подвергают детали, предварительно подвергнутые закалке, отпуску и механической обработке, включая шлифование; к таким деталям относятся гильзы цилиндров двигателей, зубчатые колеса, валы, клапаны и седла для клапанов, шпиндели и ходовые винты станков, измерительные инструменты и т. п.

Цианированием называется процесс одновременного насыщения поверхности деталей углеродом и азотом. В зависимости от температур, при которых осуществляется процесс, различают три вида цианирования: высокотемпературное, среднетемпературное и низкотемпературное. Одновременное присутствие в среде углерода и азота ускоряет их совместную диффузию (насыщение) в поверхностные слои стали.

Такими средами могут быть твердые порошки и пасты (твердое цианирование), расплавленные цианистые соли (жидкостное цианирование), науглероживающие и азотирующие газы (газовое цианирование).

Твердое цианирование осуществляется аналогично твердой цементации, при этом в карбюризатор добавляют цианистые соли. Такое цианирование применяется главным образом для повышения механических свойств режущего инструмента. Цианирование придает металлу бóльшую износостойкость, чем цементация.

Жидкостное цианирование производится в ваннах с расплавами цианистых солей в целях повышения твердости и износоустойчивости поверхности деталей, изготовленных из конструкционных низкоуглеродистых, а также быстрорежущих и высоколегированных сталей.

Высокотемпературное цианирование применяют в целях повышения твердости и износостойкости поверхности деталей, изготовленных из конструкционных низкоуглеродистых сталей 10, 20, 35, 12ХН3А и других, содержащих 0,10—0,40% углерода. Оно осуществляется при температуре 780—930° С в ваннах, содержащих 20—40%-ные расплавы цианистых солей с нейтральными солями.

Продолжительность жидкостного цианирования колеблется от 5 *мин* до 1 *ч*. Глубина цианированного слоя обычно не превышает 0,35 *мм*. Для придания цианистому слою высокой твердости детали подвергают закалке и отпуску.

Среднетемпературное цианирование осуществляется при температуре 820—860° С.

Низкотемпературное цианирование применяется

с целью повышения режущих свойств инструментов, изготовленных из быстрорежущих и высоколегированных сталей. Цианирование быстрорежущих сталей Р18 и Р9 ведут при температуре 550—570° С, высокохромистых сталей — при 510—520° С. Глубина цианированного слоя при этом достигает 0,02—0,06 *мм.*

Недостатком жидкостного цианирования является ядовитость цианистых солей, а также высокая их стоимость.

Газовое цианирование (нитроцементация) занимает промежуточное положение между газовой цементацией и азотированием. Газовое цианирование отличается от газовой цементации тем, что к цементирующему газу добавляют аммиак, дающий активизированные атомы азота.

Сущность этого способа заключается в том, что стальные изделия нагревают в герметически закрытых муфельных печах при 550—900° С в смеси аммиака (20—30%) и цементирующего газа (70—80%) в течение нескольких часов. При этом происходит насыщение стали углеродом и азотом. Таким образом, газовое цианирование представляет собой два одновременно идущих процесса — цементацию и азотирование. Отсюда газовое цианирование называют также нитроцементацией.

§ 27. ДИФФУЗИОННАЯ МЕТАЛЛИЗАЦИЯ

Диффузионной металлизацией называется процесс насыщения поверхностного слоя стальных изделий алюминием, хромом, кремнием, бором и другими элементами с целью придания ему окалиностойкости, коррозионной стойкости, износостойкости и твердости.

В производство внедрены процессы насыщения поверхностного слоя алюминием — алитирование, хромом — хромирование, кремнием — силицирование и бором — борирование.

Алитированием называется процесс насыщения поверхности стальных и чугунных деталей алюминием, он основан на диффузии алюминия в железо. Алитированию подвергают для повышения окалиностойкости детали, работающие при высоких температурах (выхлопные коллекторы, колосниковые решетки, сопловые головки паровых котлов, камеры сгорания газогенераторных двигателей, цементационные ящики и т. п.).

Применяют такие способы алитирования: жидкостный, твердый и металлизация. Наиболее производительным является способ металлизации.

При твердом способе алитирования стальные изделия закладывают в ящики и пересыпают тщательно перемешанной смесью, составленной из 49% порошка алюминия, 49% порошка окиси алюминия и 2% хлористого аммония (нашатыря). Упакованные в ящики изделия нагревают в печи до 950—1000° С в течение 5—10 *ч*, при этом образуется алитированный слой глубиной 0,3—1,0 *мм.*

При жидкостном алитировании в стальном тигле

расплавляют алюминий, насыщенный 6—8% железа, и погружают в него изделия, которые в течение 50—90 *мин* выдерживают при температуре 750—800° С. При этом режиме глубина алитированного слоя составляет 0,2—0,35 *мм*.

Способ металлизации наиболее производительный. Сущность его состоит в том, что расплавленный алюминий сначала наносят на изделие распылением струи сжатым воздухом. Далее нанесенный слой алюминия защищают жаростойкой обмазкой и производят диффузионный отжиг изделий при температуре 920° С в течение 3 *ч*. В процессе отжига поверхностный слой изделия насыщается алюминием на глубину в среднем 0,5 *мм*.

Алитирование в расплавленном алюминии, в порошкообразных смесях имеет существенные недостатки в сравнении с приведенным.

Хромированием называют процесс насыщения поверхностного слоя изделий хромом с целью повышения коррозионной стойкости и кислотоупорности низкоуглеродистых сталей; у средне- и высокоуглеродистых сталей одновременно повышается твердость и износостойкость. Хромирование осуществляют в твердой, жидкой или газовой среде.

Для хромирования в твердой среде изделия помещают в ящик с порошкообразной смесью, состоящей из 60—65% металлического хрома или феррохрома, 30—35% глинозема и 5% хлористого аммония. В течение 7—12 *ч* процесс проводят при температуре 1100—1150° С. При этом образуется хромированный слой толщиной 0,1—0,25 *мм*.

Жидкостное хромирование проводят нагреванием изделий до 900—1100° С в ванне, состоящей из расплавленных хлористых солей бария, магния и кальция с добавкой 15—30% хлористого хрома или 15—25% феррохрома.

Газовое хромирование осуществляют нагреванием изделий в атмосфере паров хлористого хрома при температуре 950—1050° С в течение 3—4 *ч*, в результате чего образуется хромированный слой 0,05—0,1 *мм*.

Силицированием называется процесс насыщения поверхностного слоя стали и чугуна кремнием для повышения износостойкости, коррозионной стойкости против окисления при высоких температурах (до 1200° С) и действия кислот. Силицирование осуществляется в твердых, жидких и газообразных средах.

Борированием называют процесс поверхностного насыщения стали бором с целью повышения твердости, теплостойкости, износостойкости и коррозионной стойкости. Борирование стали осуществляется электролизным методом в расплавленной буре (деталь — катод, графит — анод). Процесс ведут в течение 6—8 *ч* при температуре 950° С, глубина борированного слоя 0,15—0,25 *мм*. Хрупкость борированного слоя препятствует широкому применению этого процесса.

Глава VIII
КОРРОЗИЯ МЕТАЛЛОВ И СПЛАВОВ

§ 28. ПОНЯТИЕ О КОРРОЗИИ, ЕЕ ВИДЫ

Коррозией (латинское — «разъедание») металлов и сплавов называют разрушение их под действием внешней среды.

Почти все металлы (за исключением так называемых благородных — золото, платина, серебро) и сплавы под действием окружающего воздуха, влаги, газа, растворов кислот, щелочей и высоких температур подвергаются химическим изменениям (разрушению): железо ржавеет, медь покрывается зеленым налетом углекислой меди, свинец тускнеет и т. д.

Примерами коррозии может служить разъедание подводных частей судов водой, порча химической аппаратуры от воздействия разных растворов и т. д. Ежегодно от коррозии гибнут сотни тысяч тонн металлов, воплощенных в машины, строительные конструкции и другие изделия. В результате коррозии металлы частично или полностью разрушаются, качество изделий ухудшается, и они могут оказаться непригодными для использования.

Коррозия металлов наносит народному хозяйству большой ущерб. При огромном количестве машин и металлических сооружений в промышленности, сельском хозяйстве, в строительстве, на транспорте предохранение металлов от коррозии является важной народнохозяйственной задачей.

В зависимости от среды, вызывающей коррозию, различают два вида коррозии: химическую и электрохимическую.

Химическая коррозия происходит под действием сухих газов или жидкостей неэлектролитов (бензин, масло и др.), а также при соприкосновении металлов с газами при высоких температурах.

Электрохимическая коррозия происходит при взаимодействии металлов и сплавов с жидкостями — электролитами, проводящими электрический ток (вода, пар, водные растворы солей, щелочи, кислоты и т. п.). Сюда относится также коррозия в атмосфере (атмосферная коррозия), так как воздух всегда содержит некоторое количество влаги, обволакивающей тонкой пленкой металлические изделия.

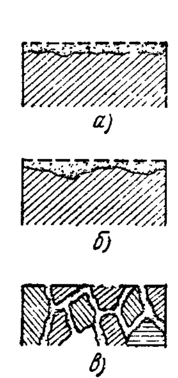


Рис. 37. Виды коррозии: *а* — поверхностная (равномерная), *б* — местная, *в* — межкристаллитная

По характеру и месту распространения коррозия бывает:

поверхностная (сплошная, равномерная), которая характеризуется разрушением металла по всей поверхности изделия равномерно (рис. 37, *а*); этот вид коррозии наиболее часто наблюдается у чистых ме-

таллов; ее можно легко заметить и если не устранить, то хотя бы определить степень разрушения и срок службы детали;

местная (рис. 37, *б*), при которой разрушение начинается на отдельных участках поверхности металла, иногда очень небольших, и распространяется в глубь металла незаметно. Это более опасный характер коррозии. Обычно он наступает в местах, где имеются царапины, задиры, риски и прочие механические повреждения гладкой поверхности металлических деталей;

межкристаллитная (интеркристаллитная), которая распространяется в глубь металла по границам кристаллов (рис. 37, *в*), не вызывая заметных изменений на поверхности, и зачастую приводит к мгновенной поломке деталей в условиях эксплуатации.

Развитию межкристаллитной коррозии способствуют посторонние включения по границам зерен в металлах.

§ 29. ПРЕДОХРАНЕНИЕ МЕТАЛЛОВ ОТ КОРРОЗИИ

Сущность мероприятий по защите металлов от коррозии сводится к тому, чтобы не допускать непосредственного соприкосновения металла с разрушающей средой. Этого достигают прежде всего нанесением на поверхность изделий различных металлических и неметаллических покрытий. Такие защитные покрытия намного увеличивают срок службы изделий, несмотря на очень тонкий слой (сотые и даже тысячные доли миллиметра).

К основным методам защиты металлических изделий от коррозии относятся:

металлическое покрытие;
неметаллическое покрытие;
химическое покрытие;
защита протекторами;
легирование.

Металлическое покрытие — это защита поверхности металлических изделий другим коррозионно устойчивым металлом.

Для металлических покрытий применяют олово, никель, медь, хром, цинк, кадмий.

Металлическое покрытие наносится следующими способами:
погружением в расплавленный металл;
электролитическим (гальваническим) процессом;
диффузионной металлизацией;
распылением;
плакированием.

На деталях, погруженных в расплавленный металл, образуется защитная пленка, обладающая, кроме коррозионной стойкости, высокой механической прочностью. Таким способом покрывают детали оловом (лужение); цинком (оцинкование) — широко применяется для покрытия листового железа, проволоки и ряда мелких изделий; кадмием (кадмирование); хро-

мом (хромирование); никелем (никелирование) и другими цветными металлами и сплавами.

Электролитическое покрытие — наиболее совершенный способ защиты деталей от коррозии. Он представляет собой отложение частиц защитного металла на поверхности детали, погруженной в раствор электролита, через который пропускается электрический ток. Так получают никелированные, хромированные и омедненные изделия.

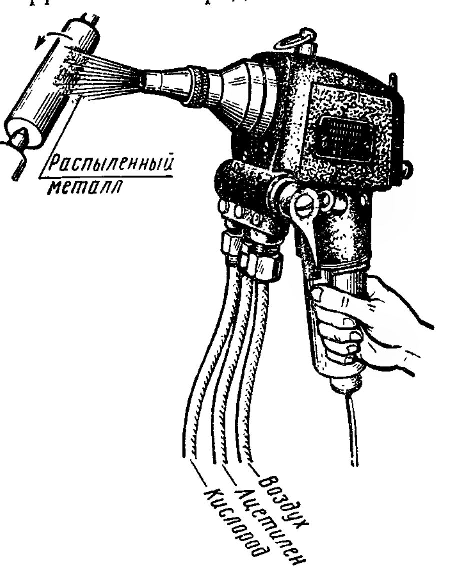


Рис. 38 Газовый металлизационный аппарат МГИ-1-57

Диффузионная металлизация, относящаяся к термохимической обработке, была рассмотрена ранее.

Способ распыления, т. е. пульверизация расплавленного металла на поверхность изделия, получил название электрометаллизации, имеет самое широкое применение и является одним из универсальных способов нанесения металлических покрытий на детали любой формы и размеров из любых материалов.

Процесс металлизации заключается в расплавлении металла и распылении его потоком сжатого воздуха или другого газа. Полученные мелкие металлические частицы приобретают значительную скорость и при ударе о поверхность закрепляются на ней. Толщина покрытий может составлять 0,02 *мм* и более. Покрытия наносятся при помощи электродуговых и газовых аппаратов-металлизаторов, например аппарата МГИ-1-57 (рис. 38).

Плакирование заключается в покрытии одного металла другим во время прокатки. Этим способом на металлургических заводах получают сталь, покрытую нержавеющей сталью или медью, плакированный дюралюминий и другие материалы, называемые биметаллическими.

Неметаллические покрытия получают нанесением на поверхность изделий масляных красок, лаков, эмалей и др. или смазкой поверхности минеральным маслом.

Масляные краски изготовляются растиранием сухих красок минерального или органического происхождения на высыхающих или полувысыхающих маслах или олифах.

Лаки представляют собой смолы, растворенные в маслах или других растворителях при определенных температурах. Лакокрасочные покрытия составляют около 70% всех антикоррозионных покрытий.

Эмали очень стойки против атмосферной коррозии, воздействия воды, минеральных и органических кислот, растворов солей и т. д. и очень хрупки. Эмалевое покрытие наносят на поверхность химической аппаратуры и пищевой посуды.

Смазки служат защитным средством при хранении и перевозках металлических изделий. При транспортировке и хранении металлических изделий широко применяются следующие смазки: технический вазелин — для механизмов, машин и отдельных деталей, стойкость такой смазки 6—8 месяцев; ружейная смазка — для смазывания обрабатываемых деталей, кратковременного предохранения от коррозии стрелкового оружия; пушечная смазка — для деталей оборудования, подшипников, предметов вооружения; антикоррозионная смазка — для стальных деталей (запасных частей).

Гуммирование — покрытие металла резиной или эбонитом является эффективным способом предохранения от коррозии аппаратуры химической промышленности и системы химводоочистки.

Химическое покрытие металлических материалов заключается в том, что на их поверхности искусственно создают оксидные пленки — плотные, держащиеся на основном металле окислы, хорошо сопротивляющиеся коррозии. Для этого металлические детали тщательно очищают и подвергают действию сильно окисляющей среды. Различают такие виды химических покрытий: оксидирование и фосфотирование (для черных металлов), анодирование (для алюминиевых сплавов), хроматирование (для медных и цинковых сплавов).

Защита протекторами применяется там, где изделия находятся в токопроводящей среде (например, в морской воде). В этом случае к изделию присоединяется протектор (металл-защитник), являющийся анодом по отношению к тому металлу, из которого изготовлена конструкция. При образовании гальванических пар разрушается тот металл, который служит анодом, и таким образом протектор, разрушаясь сам, будет защищать от разрушения изделие, являющееся катодом. Протекторная защита успешно применяется для предохранения от коррозии подводных частей морских судов, гидросамолетов и др.

Легирование заключается в том, что в состав металла или сплава вводят добавки, которые делают данный сплав коррозионностойким. Для стали такими элементами являются хром и никель. Легированием получают нержавеющие, жароупорные и кислотоупорные стали.

Вопросы для самопроверки

1. Что понимается под коррозией металлов? Виды коррозии.
2. Как наносятся металлическое и неметаллическое покрытия? В каких случаях каждый из этих методов применяется?
3. Расскажите о способах химических покрытий и легировании.
4. В чем сущность защиты металлов методом протектора?

Глава IX
НЕМЕТАЛЛИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ

В современной технике наряду с металлами широко применяются различные неметаллические материалы как в качестве заменителей дорогих и дефицитных металлов и сплавов, так и в качестве самостоятельных конструкционных материалов, обладающих в ряде случаев более высокими показателями свойств, чем металлы и сплавы.

К числу неметаллических материалов относятся: пластические массы, электро- и теплоизоляционные, прокладочные и др. Одни из этих материалов являются заменителями, другие используются при обработке металлов и обслуживании механизмов.

§ 30. ПЛАСТИЧЕСКИЕ МАССЫ

Пластическими массами, или пластиками, называют органические вещества или их смеси с различными наполнителями, которые при определенных температурах и давлении приобретают пластичность. Пластические материалы (пластики) обладают пластичностью и в то же время достаточной жесткостью для сохранения приданной формы. Пластические массы способны при определенных температурах и давлении (прессовании, литье под давлением и т. п.) формоваться.

Искусственные смолы, называемые полимерами, представляют собой соединение гигантских молекул, состоящих из большого числа обычных молекул. Искусственные смолы получают из продуктов переработки каменного угля, нефти и другого естественного сырья.

Для производства пластических масс применяют смолы термонеобратимые, затвердевающие при нагревании (термореактивные) и термообратимые, размягчающиеся при нагревании (термопластические).

Термообратимые смолы при нагревании не переходят в неплавкое и нерастворимое состояние. Изделия, полученные на основе этих смол, извлекаются из форм лишь после охлаждения. Изделия из термообратимых пластических масс можно подвергать повторному формованию.

Термонеобратимые смолы при нагревании легко переходят в вязкотекучее состояние, но с увеличением длительности действия повышенных температур превращаются в твердую стеклообразную или резиноподобную массу, не переходящую вновь в пластическое состояние. Изделия из термонеобратимых пластических масс не поддаются повторной переработке.

Пластические массы делятся на порошкообразные (порошковые), волокнистые и слоистые. Некоторые пластические массы (органическое стекло) состоят только из чистых смол.

Пластические массы отличаются высокой коррозионной стойкостью. Большинство из них устойчиво к действию кислот и щелочей, обладает диэлектрическими свойствами, что дает возможность применять их в качестве электроизоляционных материалов.

Наиболее распространенными видами пластических масс являются фенопласты и аминопласты.

Фенопласты — это пластические массы, изготовляемые на основе фенолформальдегидной смолы. Фенопласт, в котором наполнителем является хлопчатобумажная ткань, известен под названием текстолита. Фенопласт с наполнителем из бумаги носит название гетинакса.

Пластические массы на основе фенолформальдегидных смол и фенопластов используются преимущественно в качестве конструкционно-поделочных материалов в машиностроении и в электротехнике.

Аминопласты — это пластические массы, изготовляемые на основе мочевино-формальдегидных смол с различными наполнителями и присадками. Аминопласты легко окрашиваются в светлые тона и хорошо сохраняют цвет. Благодаря безвредности мочевино-формальдегидных смол пластические массы из этих смол используют для изготовления пищевой тары. Аминопласты применяются также для изготовления деталей яркой окраски простого и сложного профилей, от которых не требуется высоких электроизоляционных свойств (корпуса измерительных приборов, осветительной арматуры и т. п.).

Полиэфирные смолы используются в качестве связующего при изготовлении стеклопластиков, применяемых в машиностроении, а также для изготовления волокнистых материалов и лакокрасочных покрытий. Стеклопластики прочны, устойчивы к действию кислот, упруги и сохраняют стойкость до 150° С; используются для изготовления транспортерных лент, шлангов и т. п.

Эпоксидные смолы обладают ценными физическими, механическими, химическими свойствами. Они хорошо соединяются с металлами, стеклом и другими материалами. Поэтому их используют в качестве клея, защитных покрытий, связующего вещества для стеклопластиков. Из армированной металлом эпоксидной смолы изготовляют штампы, матрицы, модели и т. п. Эпоксидная смола и вводимые в нее отвердители часто бывают токсичны (ядовиты) и могут вызвать кожные заболевания, поэтому работать с ними необходимо при усиленной вентиляции и в резиновых перчатках.

Полиамидные смолы служат для изготовления пластических масс, известных под названием капрона, нейлона, перлона. Из полиамидных смол изготовляют волокнистые и литые изделия. Полиамидные смолы плавятся при температуре 210—280° С. Тонкие пленки полиамидов можно наносить на металлические детали способом напыления или путем обсыпания деталей порошком

полиамида с последующим расплавлением его в атмосфере азота или углекислого газа. Детали из полиамидных смол можно склеивать и сваривать. Материалы из полиамидных смол отличаются высокой износоустойчивостью, что позволяет использовать их для быстроизнашивающихся деталей машин. Из полиамидов изготовляют бесшумно работающие зубчатые колеса, а из полиамидной пряжи — приводные ремни.

В зависимости от наполнителя различают следующие слоистые пластические массы.

Текстолит — хлопчатобумажная ткань, пропитанная фенолформальдегидной смолой и спрессованная под большим давлением и при определенной температуре.

Поделочный текстолит — обладает хорошими механическими и электроизоляционными свойствами, хорошо обрабатывается резанием, выпускается в виде труб и стержней.

Электротехнический текстолит — используется в машиностроении, электро- и радиотехнике. Из него изготовляют детали с повышенной механической прочностью (зубчатые колеса, работающие почти без шума и при высоких скоростях, вкладыши для подшипников, прокладки и другие детали). Текстолитовые подшипники, работающие на смазке, износоустойчивее бронзовых.

Гетинакс — прессованная пластическая масса на бумажной основе, пропитанная фенолформальдегидной смолой; изготовляется в виде листов размером 400×400 *мм* и более и толщиной от 0,2 до 50 *мм* разных марок, предназначенных для использования в различных средах, при различных температурах. Гетинакс обладает хорошими диэлектрическими свойствами и используется для изготовления электротехнических деталей и как изоляционный материал.

Стеклотекстолит — прессованная ткань, пропитанная фенолформальдегидными или другими искусственными смолами. Стеклотекстолит обладает высокими электроизоляционными свойствами, жаростойкостью и влагостойкостью, имеет большой предел прочности при растяжении и хорошо поглощает вибрационные нагрузки. Стеклотекстолит используется в качестве электроизоляционного и конструкционного материала.

Органическое стекло (плексиглас) изготовляется из специальных смол в виде прозрачных листов различной толщины и размеров, прутков, труб. Органическое стекло эластично, не разбивается при ударах, поддается окраске в различные цвета, устойчиво против воды, бензина, масла и щелочей, растворяется в серном эфире, выдерживает температуру до 100° С. Органическое стекло широко используется в самолетостроении.

Асбестотекстолит получают горячим прессованием на основе асбестовой ткани, пропитанной спиртовым раствором фенолформальдегидных смол. Использование в качестве наполнителя асбестовой ткани дает возможность сочетать в асбестотекстолите высокую прочность к динамическим нагрузкам с повышенной

термо- и кислотостойкостью. Асбестотекстолит обладает большим сопротивлением трению. Из асбестотекстолита изготовляют различные прокладки, а также детали тормозных устройств и механизмов сцепления.

Капрон — пластическая масса, изготовляемая из полиамидных смол в виде синтетического волокна путем выдавливания расплавленного поликапролактама через узкие отверстия (фильеры) и последующего охлаждения. Капрон отличается высокой прочностью на разрыв, малым влагопоглощением, большим относительным удлинением и химической стойкостью. Из капрона изготовляют искусственное волокно, бесшумно работающие зубчатые колеса. Капрон используют в качестве защитных покрытий деталей, подвергающихся трению.

Нейлон (как и капрон) — пластическая масса, изготовляемая из полиамидных смол; обладает хорошей вязкостью при низких температурах, малым коэффициентом трения, высокой сопротивляемостью и прочностью. Нейлон обладает самосмазывающими свойствами, легко формуется. Из нейлона изготовляют зубчатые колеса, вкладыши подшипников, крыльчатки насосов, прокладки и т. п.

Пенопласт — газонаполненная пластмасса, получаемая из искусственных смол. В зависимости от технологического процесса производства пенопласты изготовляются как в твердом, так и в мягком виде. Пенопласты характеризуются малым объемным весом, хорошо противостоят проникновению через них различных газов, высокими звуко-, тепло- и электроизоляционными показателями. Пенопласты широко применяют в самолетостроении и машиностроении, а также в производстве предметов широкого потребления.

Целлулоид получают из твердого раствора нитроцеллюлозы в камфоре с добавлением пластификаторов, пигментов и красителей. Поделочный целлулоид изготовляется в виде полированных и неполированных листов.

Технический прозрачный целлулоид изготовляется из коллоксилина с добавлением к нему пластификаторов, фосфорнокислого натрия и органических красителей; применяется для остекления машин, измерительных приборов, изготовления планшетов и других изделий; изготовляется трех марок: T_1, T_2 и T_3. Под действием солнечных лучей целлулоид желтеет и теряет окраску.

Винипласт — термопластический материал, изготовляемый в виде листов, плит и отдельных изделий. Это непрозрачная пластическая масса коричневого цвета. Винипласт имеет высокие антикоррозионные и электроизоляционные свойства. Хорошая химическая стойкость винипласта против кислот и щелочей и способность при нагревании приобретать пластичность позволяют изготовлять из него горячим прессованием трубы, конструкции и детали химической арматуры. Винипласт не горит, обладает малой теплостойкостью; хорошо поддается резанию, сверлению, шлифованию, полированию.

§ 31. ИЗОЛЯЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ

В машиностроении широко используются различного рода изоляционные материалы, из них наибольшее распространение получили следующие.

Резина — продукт химической переработки каучуков во взаимодействии с вулканизирующими веществами (сера, натрий), получаемый путем горячей или холодной вулканизации. Резина характеризуется эластичностью, вибростойкостью, повышенной химической стойкостью и устойчивостью к истиранию.

Резина широко применяется в качестве электроизоляционного материала (изоляционной ленты, оболочки для электрических проводов). При нагреве до 60—70° С и при низкой температуре резина становится неэластичной и трескается.

Эбонит (твердая резина) — продукт черного цвета иногда с коричневым оттенком, получаемый продолжительным нагреванием резиновой смеси, содержащей от 25 до 50% серы (от веса каучука). Изделия из эбонита обладают значительной механической прочностью и твердостью, хорошими электроизоляционными свойствами и высокой стойкостью против действия кислот, щелочей, масел, едких паров.

Эбонит хорошо обрабатывается резанием и штамповкой (в подогретом виде при толщине пластин до 5 *мм*). К недостаткам эбонита следует отнести его низкую теплостойкость. Эбонит широко применяют в электротехнической, авиационной и химической промышленностях.

Лента прорезиненная (изоляционная лента) изготовляется из узких полос хлопчатобумажной ткани с нанесением на них слоя резиновой смеси. Прорезиненная лента применяется для изоляции электрических проводов.

Картон водонепроницаемый изготовляется из небеленой сульфидной циллюлозы, бумажной мануфактуры и битумной эмульсии, выпускается в листах, широко применяется в автомобильной промышленности и в кораблестроении.

Картон электроизоляционный изготовляется из сульфатной целлюлозы и тряпичного волокна, обладает высокими электроизоляционными свойствами и термостойкостью, гигроскопичностью и долговечностью. Электроизоляционный картон группы ЭМ используется для работы в трансформаторном масле при температуре 95° С. Картон группы ЭВ (прессшпан) применяется при работе в воздушной среде, для пазовой изоляции в электромашинах, корпусов катушек, для изготовления шайб.

Картон прокладочный применяется в нефте- и бензопроводах, бензиновых двигателях, холодильниках, обладает высокой сжимаемостью и эластичностью.

Слюда является важнейшим из природных минеральных электроизоляционных материалов, обладает способностью расщепляться на очень тонкие гибкие, упругие пластинки, термостойка, не горит, нагревостойка, имеет высокие механические свойства. По на-

значению слюда разделяется на щипаную, предназначенную для производства магмиканитов (твердых электроизоляционных материалов, изготовляемых путем склеивания щипаной слюды при помощи лаков), и конденсаторную, предназначенную для производства деталей для электронных ламп. Температура плавления слюды 1200° С.

§ 32. ПРОКЛАДОЧНЫЕ, УПЛОТНИТЕЛЬНЫЕ И НАБИВОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

В машиностроении широко применяются различные прокладочные, уплотнительные и набивочные материалы.

Асбест — волокнистый минерал, обладающий способностью расщепления на тонкие гибкие волокна, допускающие при достаточной их длине скручивание в нить. Асбест обладает высокой огнестойкостью, малой электро- и теплопроводностью, кислото- и щелочеустойчивостью; широко используется в технике в качестве уплотняющих сальниковых набивок и прокладок, для изоляции горячих труб, аппаратов и печей. Из длинных асбестовых волокон изготовляют нити и шнуры, из коротких — асбестовый картон.

Фибра — твердый гибкий и эластичный материал, получаемый из пористой спрессованной бумаги. Она хорошо поддается механической обработке, гнется, склеивается, склепывается; основной ее недостаток — высокая гигроскопичность. Фибра применяется в качестве прокладочного материала в паровых турбинах, кислородном оборудовании, гидравлических прессах, карбюраторах, бензо- и маслопроводах.

Паронит — листовой прокладочный материал серого цвета, изготовляемый из асбеста, каучука с добавлением наполнителей; применяется для уплотнения мест соединения металлических поверхностей, работающих в среде воды и пара до 450° С и давлении до 50 *кГ/см*², в нефтяных продуктах до 400° и давлении до 70 *кГ/см*², при жидком и газообразном кислороде до минус 182° и давлении до 2,5 *кГ/см*².

Кожа техническая состоит из двух основных слоев — внутреннего и наружного; лицевая сторона имеет блестящий вид, внутренняя — негладкую и неблестящую поверхность, называемую бахтармой; эта кожа применяется для изготовления прокладок, приводных ремней и других изделий.

Войлок технический изготовляют из низких сортов шерсти с добавлением растительных волокон и клейстера. Различают грубошерстный, полугрубошерстный и тонкошерстный войлок. В зависимости от назначения войлок каждой группы разделяется на войлок для сальников, прокладок, фильтров.

Глава X
АБРАЗИВНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

§ 33. ВИДЫ АБРАЗИВНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Абразивные материалы — это минералы естественного или искусственного происхождения, зерна которых обладают боль-

шой твердостью и режущей способностью. К **природным абразивным материалам** относятся алмаз, корунд, наждак, кварц и некоторые другие.

Алмаз — минерал, представляющий собой чистый углерод. Он встречается в виде небольших кристаллов различной формы. Природный алмаз обладает самой большой твердостью. Из него изготавливаются алмазные круги для шлифования труднообрабатываемых сплавов и заточки твердосплавного инструмента.

Корунд — горная порода, состоящая на 90—95% из кристаллической окиси алюминия. Зерна корунда очень тверды и при разрушении образуют раковистый излом с острыми гранями. Корунд бывает розовым, бурым, синим, серым и другого цвета.

Наждак — мелкозернистый корунд — порошок черного и черно-серого цвета; представляет собой смесь зерен корунда с другими минералами — магнитным железняком, гематитом, полевым шпатом. По твердости он значительно уступает искусственным абразивам.

Кварц — минерал, состоящий в основном из кристаллического кремнезема. Разновидностью кварца является кварцевый песок белого, желтого и других цветов.

Гранат — более мягкий абразивный материал. Это соединение алюминия, железа, хрома, а также кальция, магния, марганца с кремнекислотой. При своей значительной твердости (7,5)и большой распространенности в природе гранат является хорошим абразивным материалом, особенно для обработки резины, кожи, для шлифования стеклянных изделий и мягких металлов, удаления старой краски и других работ.

Для полирования мягких металлов, камней (например, мрамора), кости, древесины употребляется **пемза** — излившаяся вулканическая порода, в основном состоящая из кремнезема и глинозема.

К **искусственным абразивным материалам** относятся: электрокорунд нормальный и белый, монокорунд, карбид кремния зеленый и черный, карбид бора, борсиликокарбид, синтетические алмазы и др.

Электрокорунд нормальный получается при выплавке боксита в смеси с восстановителем (антрацитом или коксом) в дуговых электрических печах; окрашивается в различные цвета: коричневый, синий, малиновый и др. После выплавки куски подвергают дроблению, обогащению и рассеву по размерам зерен. Электрокорунд нормальный содержит 89—95% окиси алюминия.

По процентному содержанию окиси алюминия электрокорунд нормальный выпускается следующих разновидностей: Э95, Э93, Э92, Э91 (цифры — процентное содержание окиси алюминия).

Электрокорунд белый Б получают при плавке технического глинозема в электрических печах; содержит 97—99% корунда. Благодаря высокой твердости и острым кромкам зерна белого

электрокорунда легко внедряются в твердые металлы, способствуют также меньшему нагреву обрабатываемых деталей.

Монокорунд получают сплавлением боксита с сернистым железом и восстановителем (антрацит или кокс) в электрической печи непосредственно в виде зерен различной величины. Монокорунд содержит не менее 96,5% кристаллической окиси алюминия. Он является сравнительно новым материалом, обозначается монокорунд М98 и М97.

Карбид кремния получают в результате взаимодействия кремнезема и углерода (содержащегося в антраците и коксе) в электропечах. Карбид кремния может быть окрашен в цвета от светло-зеленого до черного в зависимости от состава и количества примесей.

Карбид кремния зеленый (КЗ) выпускается двух марок К99 и К98, а карбид кремния черный (КЧ) — марок КЧ98 и КЧ97. Карбид кремния зеленый имеет меньше примесей, более высокую хрупкость и обычно применяется для заточки твердосплавного инструмента.

Карбид бора получают при плавлении борной кислоты с малозольным углеродистым материалом — нефтяным или пековым коксом, сажей и др. Он используется в порошках или пастах для доводки изделий из твердых материалов.

Борсиликокарбид — новый твердый материал, представляющий соединение бора, кремния и углерода; применяется для доводки деталей из твердых и труднообрабатываемых сплавов и из неметаллических материалов высокой твердости.

Синтетический алмаз — сверхтвердый материал, который в СССР начал изготовляться сравнительно недавно. Синтетические алмазы получают в специальных установках, способных развивать давление выше 100 тыс. *ат* при температуре 2500° С и более.

§ 34. ЗЕРНИСТОСТЬ КРУГОВ, МАТЕРИАЛ СВЯЗКИ

Зернистость кругов характеризуется крупностью зерна, их линейным размером.

До 1960 г. абразивные зерна обозначались номерами, соответствующими числу отверстий (*меш*) на 1 линейный дюйм сетки, на которой задерживается основная фракция. С 1960 г. принято обозначение номеров зернистости по величине отверстия сита (в сотых долях миллиметра), на котором задерживается зерно основной фракции (ГОСТ 3647—71 *).

Абразивный материал от 16 до 200 (по дюймовой системе 10—80) принято называть шлифзерном, от 3 до 12 (по дюймовой системе 100—320) — шлифпорошками, а М40-М28 и мельче — микропорошками. Зернистость выбирается в зависимости от обрабатываемого материала, а также требуемой чистоты обработки.

Материалы для связки. Абразивные инструменты, состоящие из зерен, сцементированы связкой, которая не должна быть чрезмерно прочной, так как отработанные (затупившиеся) зерна не будут выпадать из связки и поверхность круга станет гладкой, как говорят, «засалится».

Для изготовления абразивных инструментов применяются две основные группы связок:

неорганические — керамическая, магнезиальная, силикатная;

органические — бакелитовая, глифталевая и вулканитовая.

Керамическая связка (К) состоит из глины, полевого шпата, кварца и других материалов, в которые для повышения пластичности добавляют клеящие вещества в виде растворимого стекла, декстрина и т. д. Керамическая связка водостойка, огнеупорна, обладает химической стойкостью, жесткостью и относительно высокой прочностью. Однако основным ее недостатком является чувствительность к ударам и изгибающим нагрузкам.

Магнезиальная связка — смесь каустического магнезита и раствора хлористого магния, твердеющая на воздухе (магнезиальный цемент). Недостатками кругов на такой связке являются гигроскопичность, повышенный износ, нестойкость профиля, поэтому круги на магнезиальной связке применяются мало.

Силикатная связка (С) имеет основным связующим веществом растворимое стекло (силикат натрия), которое при смешивании с наполнителями (окись цинка, мел, пластическая глина и др.) обеспечивает получение соответствующего абразива. Абразивные зерна силикатной связкой удерживаются слабее, чем керамической, поэтому круги на этой связке имеют ограниченное применение.

Бакелитовая связка (Б) — искусственная фенолформальдегидная смола в жидком состоянии (обозначается Б1) или порошкообразном (Б2). Она имеет повышенную прочность и упругость, поэтому широко применяется. Бакелитовая связка благодаря упругости оказывает полирующее действие, что повышает чистоту поверхности. Однако она малоустойчива против действия охлаждающих жидкостей, в результате чего снижается твердость круга. Для предохранения от действия охлаждающих жидкостей, особенно имеющих щелочи, круги пропитывают парафином.

Вулканитовая связка (В) в основном состоит из искусственного каучука с вулканизирующими добавками. При использовании вулканитовой связки с высокими упругими свойствами и высоким сопротивлением разрыву получают жесткие инструменты, а при применении вулканитовой связки с малой упругостью и большим относительным удлинением получают гибкие шлифовальные круги и эластичные инструменты.

Во время работы рабочий профиль гибких кругов принимает форму обрабатываемой поверхности, поэтому они применяются для полирования фасонных поверхностей.

§ 35. ТВЕРДОСТЬ И МАРКИРОВКА АБРАЗИВНЫХ КРУГОВ

Твердость — сопротивление связки вырыванию зерен с его поверхности под действием внешних сил, а также способность материала связки подвергаться истиранию и выкрашиванию.

Твердость кругов имеет буквенное и цифровое обозначение:

Условное обозначение	*Степень твердости*
М — мягкий	M1, M2, MK
СМ — среднемягкий	CM1, CM2
С — средний	C1, C2
СТ — среднетвердый	CT1, CT2, CT3
Т — твердый	T1, T2
ВТ — весьма твердый	BT1, BT2
ЧТ — чрезвычайно твердый	ЧТ1, ЧТ2

Цифры справа от буквенного обозначения характеризуют твердость в порядке возрастания. Показателем твердости считают величину разрушения — глубину лунки или отпечатка.

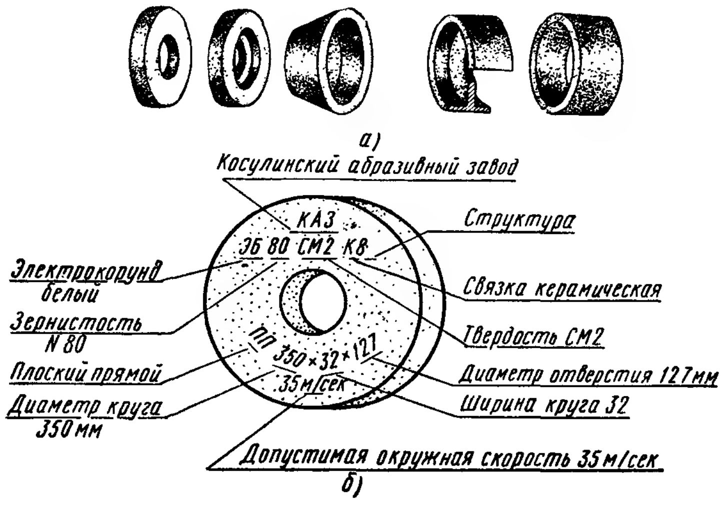


Рис. 39. Формы шлифовальных кругов (*а*), маркировка круга (*б*)

Абразивный инструмент изготовляется различных форм и размеров (рис. 39, *а*). Характеристика круга условно (ГОСТ 2424—67) обозначается несмываемой краской на его поверхности (рис. 39, *б*). На круги для скоростного шлифования дополнительно наносят красную полосу или надпись «скоростной».

К абразивным материалам также относятся: шлифовальные шкурки, абразивные пасты Государственного оптического института (ГОИ), которые рассматриваются в главе «Притирка».

Вопросы для самопроверки

1. Перечислите основные виды абразивных материалов и дайте их характеристики.
2. Назовите виды и дайте характеристики связок.
3. Что понимается под твердостью и зернистостью абразивного круга?
4. Что обозначает марка абразивного круга ЭБ, зерно 80, керамическая связка, С2—С1?
5. Для каких целей применяются абразивные порошки и пасты?

Глава XI

ОСНОВНЫЕ МЕТОДЫ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ЗАГОТОВОК

§ 36. ОБЩИЕ ПОНЯТИЯ

Изготовление деталей машин и других металлических и неметаллических изделий состоит в том, что их заготовкам различными методами придаются требуемые формы и размеры. Полуфабрикат, предназначенный для получения детали (изделия), называется заготовкой.

Наиболее распространенными методами получения заготовок являются литье, обработка давлением (прокат, ковка, штамповка), сварка и механическая обработка (рис. 40). Выбор метода обработки производится в зависимости от свойств металлов, а также от величины, формы и назначения изделий.

Обработка заготовок со снятием стружки (обработка на металлорежущих станках, слесарная обработка) значительно дороже других видов получения заготовок.

Слесарной обработке подвергают многие заготовки, изготовленные указанными методами. Поэтому для успешной работы необходимо знать технологию изготовления, возможные дефекты заготовок, чтобы при обработке принимать соответствующие меры.

§ 37. ЛИТЕЙНОЕ ПРОИЗВОДСТВО

Сущность литейного производства заключается в том, что изделия или заготовки деталей машин получают путем заливки расплавленного металла в формы. Полученная литая деталь называется отливкой. Литые детали (отливки) изготовляют в литейном цехе. Последовательность операций изготовления отливки приведена на рис. 41.

В модельном цехе по чертежу детали (изделия — рис. 42, *а*) изготовляют модель, по внешнему виду соответствующую наружной форме отливаемой детали (рис. 42, *в*), и стержневой ящик (рис. 42, *г*).

При изготовлении модели вначале вычерчивают чертеж отливки (рис. 42, *б*), размеры которой увеличивают на величину припуска *1* на механическую обработку. По чертежу отливки изготовляют чер-

- Заготовки
  - Черные и цветные металлы
    - Прокатка
      - Прокат
        - Сорт → Круглый, квадратный, овальный, трехгранный, периодический и др.
        - Лист
        - Трубы
        - Проволока
    - Ковка и штамповка
      - Поковки и штамповки
    - Литье
      - В разовые формы
      - В постоянные формы
      - Центробежное
      - Под давлением
      - По выплавляемым моделям
      - В оболочковые формы и др.
      - → Отливки
    - Сварка
      - Электрическая
      - Газовая
      - → Сварные конструкции
    - Металлокерамика (порошковая металлургия)
      - Металлокерамические изделия
  - Неметаллические материалы
    - Дерево
    - Пластмассы и др. синтетические материалы
    - Резина
    - Стекло и др.
    - → Неметаллические изделия

Рис. 40. Методы и способы изготовления заготовок

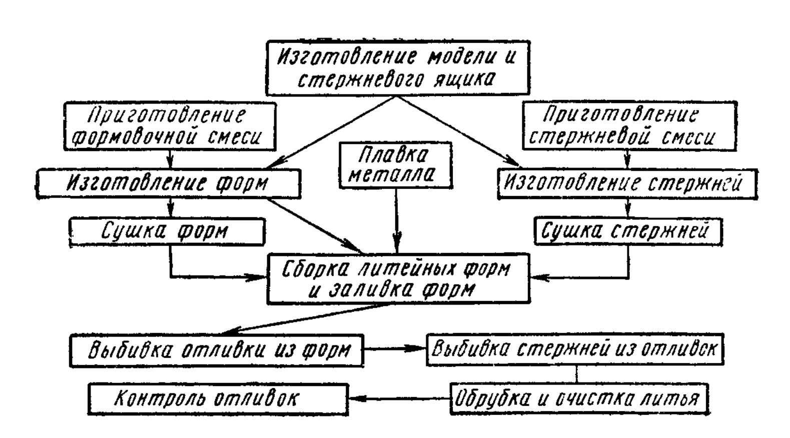


Рис. 41. Последовательность операций изготовления отливок

теж модели; размеры модели увеличиваются на величину припуска на усадку металла. Для укрепления стержня в форме в модели предусматривается изготовление знака *2*. Модели для удобства формовки чаще всего изготовляют из двух частей (рис. 42, *в*).

В стержневом цехе в стержневом ящике *3* (см. рис. 42, *г*) из песка со связующими материалами изготовляют стержень *4*, который по внешней форме соответствует внутренней части отливки.

В формовочном цехе по модели изготовляют форму, формуя в двух рамках 5, называемых опоками (рис. 42, *д*). При формовке половину модели кладут на щиток, затем ставят опоку, модель засыпает формовочной смесью и уплотняют ее, затем формуют вторую половину модели и извлекают модель из формы. В нижнюю часть формы на знаки ставят стержень 6 (рис. 42, *д*), а затем закрывают ее верхней половиной формы. Для заливки металлом полости формы, имеющей конфигурацию будущей отливки, в форме изготовляют каналы 7 (рис. 42, *д*), называемые литниковой системой.

В плавильном отделении расплавляют металл. Чугун плавят в вагранках, сталь — в конверторах, дуговых и индукционных электрических печах, а цветные сплавы — в плавильных тигельных горнах. Жидкий металл заливают в формы. После затвердевания металла в форме образуется отливка, которая удаляется после разрушения формы.

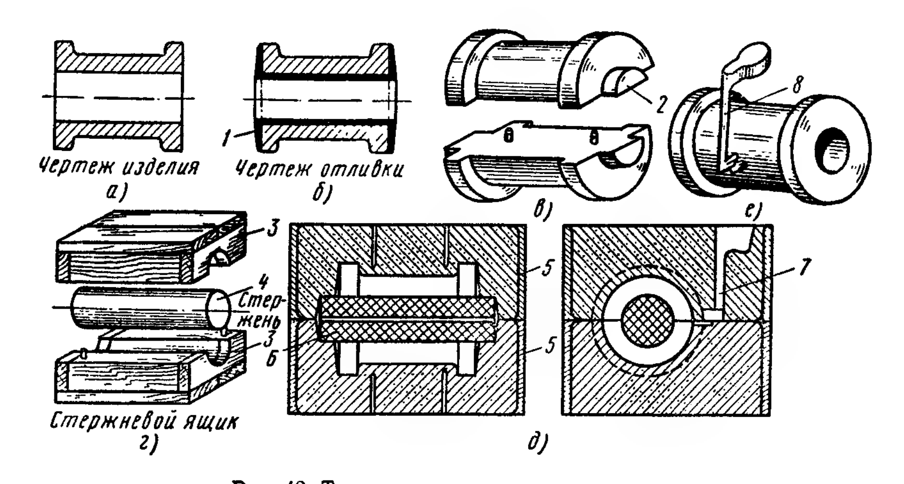


Рис. 42. Технология изготовления отливок:

а — чертеж изделия, *б* — чертеж отливки, *в* — модель, *г* — стержневой ящик, *д* — формовка в опоки; *1* — припуск, *2* — знак, *3* — ящик, *4*, *6* — стержни, *5* — рамки, *7* — каналы, *8* — литниковая система

В обрубном отделении из отливок выбивают стержни, отбивают литниковую систему 8 (рис. 42, *е*), очищают отливку от пригоревшей формовочной смеси, зачищают заусеницы, подвергают контролю и направляют отливки в механический цех для обработки или на склад готовой продукции.

Специальные способы литья. Развитие массового производства однотипных отливок привело к созданию новых способов литья: в металлические формы, центробежное, литье под давлением, по выплавляемым моделям, в оболочковые формы. Эти способы описаны в специальной литературе.

§ 38. ОБРАБОТКА МЕТАЛЛОВ ДАВЛЕНИЕМ

Обработка металлов давлением основана на широком использовании пластических свойств металлов, т. е. на их способности в определенных условиях под действием приложенных внешних сил (давления) изменять, не разрушаясь, размеры и форму и сохранять полученные форму и размеры после прекращения действия сил. Поэтому обработке давлением подвергают только достаточно пластичные металлы.

Пластичность стали и других металлов и сплавов в холодном состоянии недостаточна. Для повышения пластичности металла и уменьшения количества работы, затрачиваемой на деформацию, перед обработкой давлением металл нагревают до определенной температуры.

Основными видами обработки металлов давлением являются прокатка, волочение, прессование, ковка и штамповка.

Волочение заключается в протягивании обрабатываемой заготовки через отверстие (фильер, очко), размеры которого меньше размеров сечения исходного материала. Схема процесса волочения дана на рис. 43, *а*. При волочении площадь поперечного сечения заготовки уменьшается, а так как объем остается постоянным, то длина ее увеличивается.

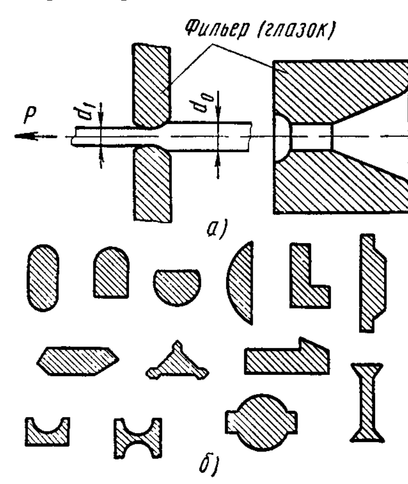


Рис. 43. Волочение:
а — схема процесса, *б* — профили изделий, полученных волочением

Коэффициент утонения при волочении, т. е. отношение диаметра после волочения d_1 к диаметру до волочения d_0 составляет 0,8—0,95. При больших обжатиях в металле возникают сильные напряжения, которые могут вызвать разрыв. Если требуется большее уменьшение поперечного сечения, заготовку пропускают через ряд уменьшающихся отверстий в волочильных досках. Волочение проводится в холодном состоянии. Волочением обрабатывают сталь и цветные металлы. Волочением изготовляют проволоку (диаметром меньше 5 *мм*, до сотых долей миллиметра) круглую и других профилей, тонкостенные трубы, фасонные профили (рис. 43, *б*).

Прокатка заключается в том, что слитки металла обжимаются между вращающимися в разные стороны цилиндрами (валками), вследствие чего уменьшается поперечное сечение начальной заготовки $H>h$ (рис. 44, *а*). В зависимости от формы валков изменяется и профиль заготовки.

Форма поперечного сечения прокатанного изделия называется его профилем, а совокупность разных профилей и размеров — сор-

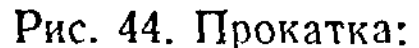
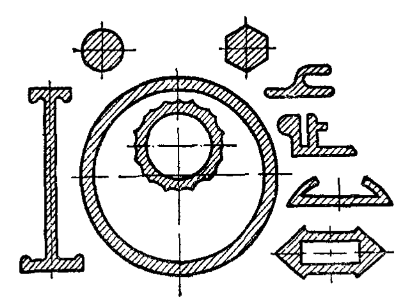


Рис. 44. Прокатка:

а — схема процесса; основные профили проката стали: *б* — квадратная, *в* — круглая, *г* — полосовая, *д* — треугольная, овальная, полукруглая, сегментная, *е* — угловая неравнобокая и равнобокая, *ж* — швеллеры, *з* — двутавровая, *и* — тавровая, *к* — рельсы, *л* — зетовая, *м* — колонная

таментом. В зависимости от вида прокат делят на сортовой, листовой, трубный и специальный. На рис. 44, *б — м* показаны основные профили сортового проката.

Прокаткой перерабатывается около 80% выплавляемой стали и большая часть цветных металлов и сплавов. Прокат используют в строительстве, машиностроении, металлообработке и других отраслях.


Рис. 45. Профили изделий, полученных прессованием

Прессование — вид обработки металла давлением, при котором металл, заключенный в замкнутую форму, выдавливается через отверстие меньшей площади, чем площадь сечения исходного металла. Профиль прессованного металла соответствует конфигурации отверстия. Прессованию подвергают слитки алюминия, меди и их сплавов, а также цинка, олова, свинца и др. Для прессования стальных профилей служит прокат.

Прессованием получают разнообразный сортамент особенно сложных профилей (рис. 45). Особенностью прессования является точность изделий (выше, чем у прокатки), исключение отделочных операций и высокая производительность.

Ковка — способ обработки давлением, при котором металлу ударами инструментов придают требуемую внешнюю форму с целью получения заготовки или готового изделия. Ковка может выполняться вручную или на молотах (машинная).

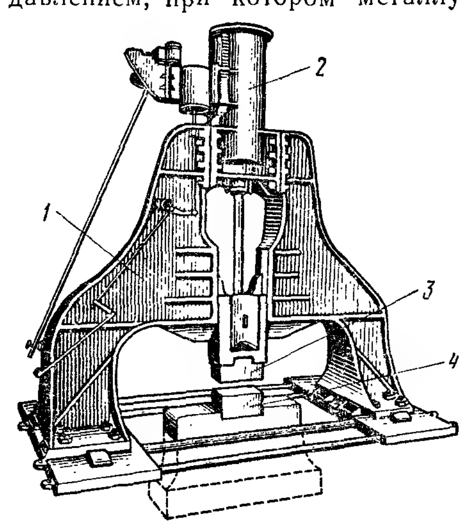


Рис. 46. Ковочный молот:
1 — станина, *2* — цилиндр, *3*, *4* — верхний и нижний бойки

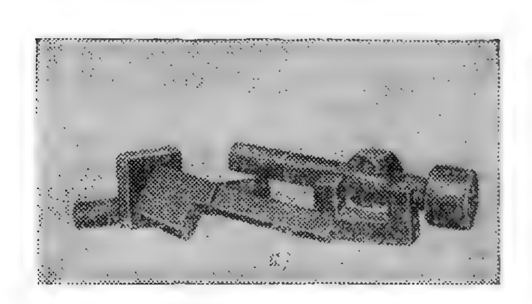
Ручная ковка применяется при изготовлении мелких изделий или ремонтных работах. Для ручной ковки применяют наковальни, молоты различного веса, гладилки, обжимки, кузнечные зубила, пробойники, клещи и др.

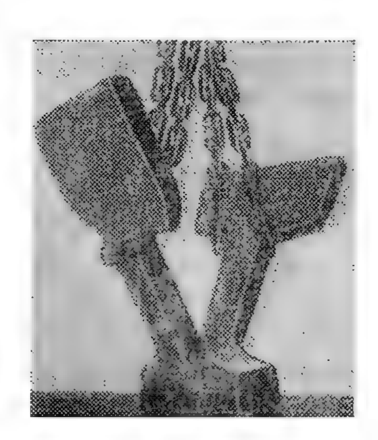
Основными операциями ковки являются вытяжка, при которой металл увеличивается в длине, уменьшаясь в поперечном сечении, рубка, высадка, или осадка, имеющая целью получить утолщение в желаемом месте, прорубание отверстия, выгибка и округление обжимкой.

Наиболее распространенными кузнечными машинами являются

паровые и пневматические молоты, которые приводятся в действие паром и сжатым воздухом; реже применяются ковочные гидравлические прессы.

На рис. 46 показан ковочный паровоздушный молот. Эти молоты развивают усилие до 10 *Т*. Для получения тяжелых поковок из





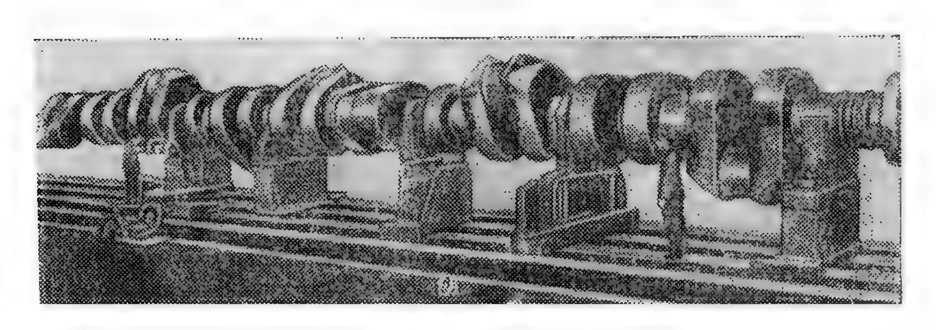


Рис. 47. Поковки:
а — малого веса, *б* — крупная, *в* — коленчатый вал весом 122 *Т*

слитков, вес которых колеблется от 1 до 250 *Т*, а также в штамповочном производстве применяются гидравлические прессы, создающие усилие от 500 до 1000 *Т*, а в штамповочных прессах даже до 30 000 *Т*.

На рис. 47, *а* показаны поковки малого веса, а на рис. 47, *б* — тяжелая поковка (судовая поковка) весом 33 *Т*, на рис. 47, *в* — коленчатый вал весом 122 *Т*. Ковкой, а не штамповкой получают тяжелые заготовки (весом примерно 500 *кГ* и выше).

Штамповка — способ получения заготовок или готовых изделий под давлением при помощи штампов, т. е. металлических форм с ручьями, очертания которых соответствуют конфигурации

изготовляемых изделий. Штампы изготовляются из твердых и прочных сталей с одним или несколькими ручьями (углублениями или выступами). Они делаются разъемными. Верхняя половина штампа обычно носит название пуансона, а нижняя — матрицы.

При горячей штамповке поковки получают на штамповочных паровоздушных молотах и кривошипных ковочно-штамповочных прессах. При штамповке нагретая заготовка под действием удара молота деформируется и заполняет полость штампа (ручьи), а излишек металла (облой) поступает в специальную канавку и затем обрезается на прессе.

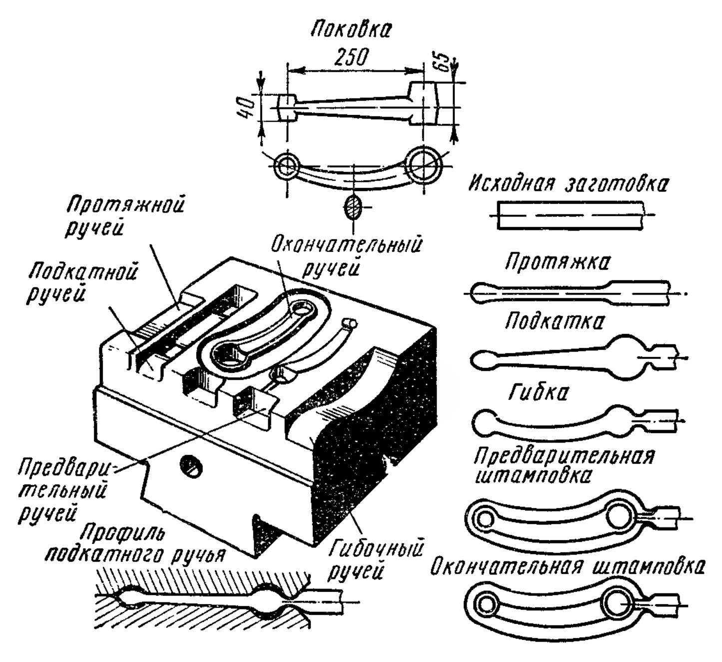


Рис. 48. Многоручьевой штамп и операции штамповки

На рис. 48 показаны многоручьевой штамп и операции получения поковки. Штамповка по сравнению с ковкой имеет ряд преимуществ: высокая производительность (ковкой в течение часа можно получить несколько поковок, а штамповкой — несколько десятков и даже сотен); однородность и точность получаемых изделий, поверхности которых обрабатываются только в местах сопряжений; высокие точность и качество изделий. Штамповка вытесняет обработку резанием.

Недостатки штамповки: ограниченность веса штампованных изделий и высокая стоимость инструмента (штампов). Штамповку применяют в крупносерийном и массовом производствах.

Глава XII
СВАРКА И РЕЗКА МЕТАЛЛОВ

§ 39. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ. ВИДЫ СВАРНЫХ СОЕДИНЕНИЙ

Сваркой называется процесс получения неразъемного соединения металлических частей путем местного нагревания их до тестообразного или расплавленного состояния. Сварка может осуществляться с применением давления для сжатия свариваемых деталей или без применения его.

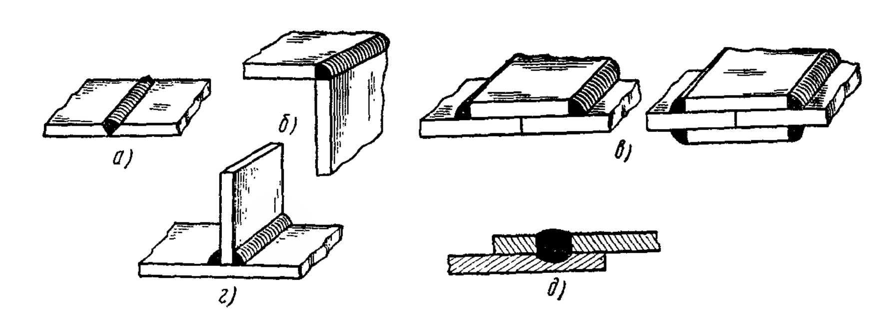


Рис. 49. Виды сварных соединений и швов:
а — стыковые, *б* — угловые, *в* — с накладками, *г* — тавровые, *д* — электрозаклепками

Сварку применяют при изготовлении железнодорожных вагонов, котлов, ответственных частей морских и речных судов, подъемно-транспортных сооружений, мостов, сельскохозяйственных машин и др. Очень широко сварка и резка металла используются в ремонтных и восстановительных работах, где они позволяют быстро и с наименьшими затратами восстановить изношенное или вышедшее из строя оборудование и сооружения (доменные печи, мосты, морские суда, газопроводные линии и т. д.).

Сварка применяется для соединений и наплавки разнообразных металлов: чугуна, стали, меди, бронзы, алюминия и др., для соединения металлов с неметаллами. Но не все металлы свариваются хорошо. Хорошо свариваются углеродистая сталь с содержанием углерода от 0,12 до 0,22%, низколегированные стали 20ХГС, 2ХМА и др. Ограниченно свариваются стали с содержанием углерода от 0,42 до 0,55%, низколегированные 30ХМА, 30ХГС и др. Плохо свариваются углеродистые стали с содержанием углерода более 0,55%, низколегированные 35ХГС, 40ХГС и др.

Сварным соединением называют соединение двух металлических частей, осуществленное сваркой.

На рис. 49 изображены основные типы сварных соединений (швов). При сварке электрозаклепками верхний лист просверли-

вается и отверстие заваривается так, чтобы сварка захватила поверхность нижнего листа.

Та часть сварного соединения, которая образуется расплавленным в процессе сварки, а затем затвердевшим металлом, называется сварным швом.

В зависимости от расположения шва на свариваемом изделии различают швы нижние (обыкновенные), верхние (потолочные), горизонтальные и вертикальные. Наиболее труден процесс сварки потолочных швов.

§ 40. КЛАССИФИКАЦИЯ СПОСОБОВ СВАРКИ

Одним из признаков классификации способов сварки является применение давления для сжатия деталей в процессе сварки. Сварка может осуществляться:

без приложения давления, путем расплавления металла свариваемых частей и слияния его; после затвердевания образуется шов (сварка плавлением);

с применением давления, способствующего плотному контакту и взаимной диффузии металла в месте соприкосновения свариваемых частей (сварка давлением).

Сварка плавлением применяется шире вследствие меньшей стоимости, простоты оборудования и универсальности.

По виду используемой для сварки энергии сварка подразделяется на химическую, при которой для нагревания используется тепло химической реакции (например, горение твердого или газообразного топлива); к ней относятся газовая, кузнечная и термитная сварка; электрическую, при которой для нагревания используется электрический ток (электродуговая, электрошлаковая, электроконтактная); механическую (сварка трением, холодная сварка); ультразвуковую; сварку электронным лучом, а также диффузионную сварку в вакууме. Наиболее распространенными являются электродуговая, электрошлаковая, электроконтактная и газовая сварка.

Кузнечная сварка применяется для низкоуглеродистых сталей. Она осуществляется при температуре, близкой к точке плавления стали (1350—1450° С), при проковке наложенных свариваемых концов. Этот старинный способ сварки трудоемкий и малопроизводительный, поэтому применяется редко.

Термитная сварка производится при помощи порошковой смеси одной части алюминия с тремя-четырьмя частями окиси железа. Термит легко зажигается и при бурном горении достигается температура 3000° С. Наплавленным железом заполняют стыки соединений. Этот способ удобен для сварки рельсов и др.

Сварка трением применяется для соединения стержней встык. В сварочной машине один стержень закрепляется неподвижно, другой вращается, касаясь торцом неподвижного. От трения температура повышается. По достижении пластического состояния вращение прекращают, стержни сдавливают, и они сварива-

ются. Сваркой трением соединяют однородные и разнородные металлы.

Холодная сварка производится без подогрева, но при больших удельных давлениях. Она применяется для меди, алюминия, свинца, никеля, серебра и их сплавов. Холодная сварка делится на стыковую, точечную и шовную.

Ультразвуковая сварка основана на преобразовании ультразвуковых колебаний в механические, что приводит к пластической деформации поверхностей свариваемых деталей и срастанию кристаллов. Этот способ применяется для соединений металлов внахлестку, а также для сварки пластмасс.

Сварка электронным лучом производится путем помещения в вакуумную камеру изделий из тугоплавких металлов (вольфрама, молибдена и др.). На место, подлежащее сварке, направляют фокусированный электронный луч, под действием которого металл расплавляется и сваривается.

§ 41. ЭЛЕКТРИЧЕСКАЯ СВАРКА

Электрическая сварка металлов — русское изобретение.

Русский ученый Василий Владимирович Петров в 1802 г. открыл явление электрической дуги и показал возможность плавления металлов в дуге. В 1882 г. русский инженер Николай Николаевич Бенардос предложил применить электрическую дугу для сварки металлов угольным электродом, а в 1888 г. горный инженер Николай Гаврилович Славянов заменил графитовый электрод металлическим.

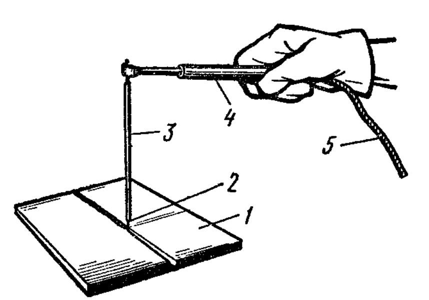


Рис. 50. Сварка по способу Н. Г. Славянова

Электросварка подразделяется на дуговую и контактную. При дуговой сварке энергия, необходимая для нагрева и расплавления металла, выделяется электрической дугой. Сварочная дуга питается постоянным током от сварочных машин-генераторов и переменным током от сварочных трансформаторов. Дуговая сварка может быть ручной и автоматической. Автоматическая обеспечивает получение высококачественного шва и резко увеличивает производительность труда.

При электродуговой сварке электрический ток по одному проводу подводится к свариваемому металлу, а по другому — к электрододержателю, в котором зажат электрод. При приближении электрода к металлу между ними образуется электрическая дуга, расплавляющая металл.

При сварке листов *1* (рис. 50) металлическим электродом *3* по способу Н. Г. Славянова электрод сам плавится в сварочной дуге *2* и образует жидкий металл, заполняющий промежутки между сва-

риваемыми частями. Для повышения качества наплавляемого металла электрод покрывается специальной обмазкой, которая также расплавляется и покрывает капли жидкого металла слоем шлака, защищая его от вредного влияния кислорода и азота окружающего воздуха. Ток к электроду подводится через электрододержатель 4 по проводу 5.

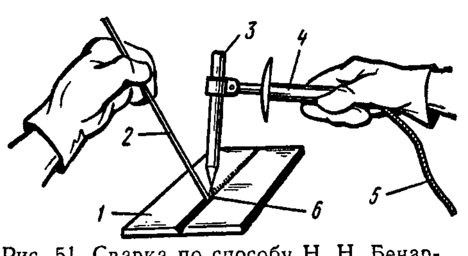


Рис. 51. Сварка по способу Н. Н. Бенардоса

При сварке листов 1 (рис. 51) угольным электродом 3 по способу Н. Н. Бенардоса электрод не плавится. Заполнение шва производится расплавлением проволоки 2, вводимой со стороны в пламя сварочной дуги 6. Ток к электроду подводится по проводу 5 через электрододержатель 4. Этот способ применяется редко, так как менее удобен и не дает высокого качества наплавляемого металла.

Контактная сварка основана на использовании тепла, выделяющегося при прохождении электрического тока через свариваемый участок. Свариваемые детали в месте контакта нагревают до пластического состояния и сдавливают под определенным усилием, получая таким образом неразъемное соединение. Контактная сварка делится на стыковую, точечную и роликовую.

§ 42. ГАЗОВАЯ СВАРКА И РЕЗКА

Газовая сварка относится к способам сварки плавлением. При этом способе сварки кромки свариваемых деталей соединяются

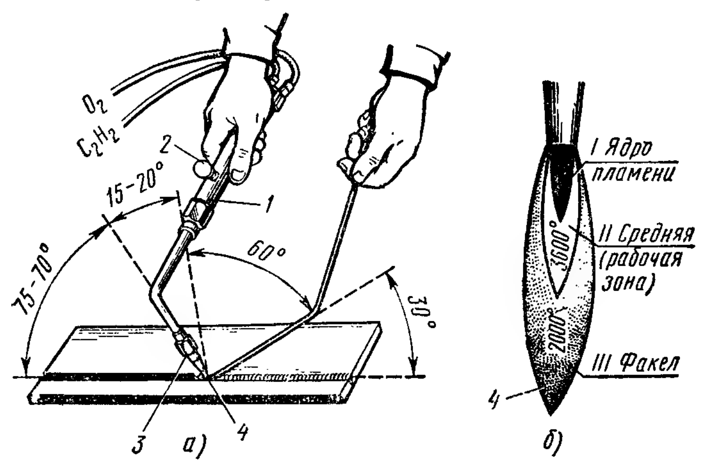


Рис. 52. Газовая сварка:
а — схема процесса, *б* — строение пламени

швом совершенно так же, как при дуговой сварке, но источником тепла служит не дуга, а сварочное пламя, которое образуется при сгорании горючего газа (ацетилена, а также коксового и светильного газа, водорода, бензола и др.). Горючие газы, смешиваясь с кислородом, дают пламя *4* высокой температуры (около 3600° С — рис. 52, *б*).

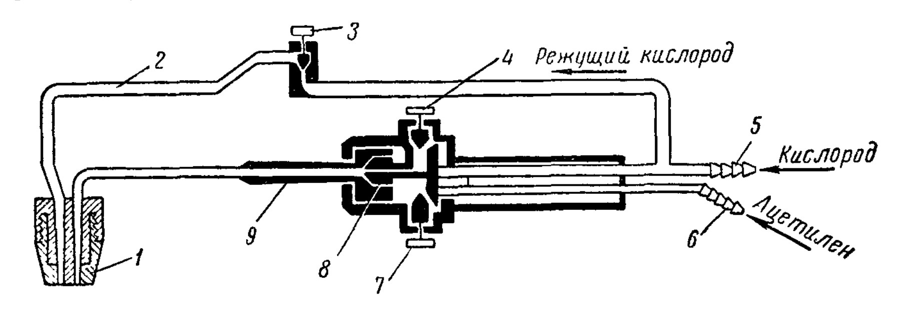


Рис. 53. Ацетиленовый резак:
1 — наконечник, *2, 5, 6* — трубки, *3, 4, 7* — вентили, *8* — инжектор, *9* — смесительная камера

Подвод газового пламени осуществляется сварочной горелкой (рис. 52, *а*), в которой происходит смешивание кислорода и горючего газа, а корпус *1* позволяет удерживать горелку в рабочем положении. На корпусе расположены вентили *2*, регулирующие подвод кислорода и ацетилена. На конце горелки имеется мундштук *3*, через который выходит из смесительной камеры горючая смесь.

При сварке горелку продвигают вдоль шва, соблюдая необходимый угол наклона мундштука и проволоки к свариваемой поверхности. Угол наклона мундштука (рис. 52, *а*) колеблется от 15° (для сварки листов толщиной 1 *мм*) до 80° (при толщине 15 *мм* и выше).

Газовая резка применяется для разделения металла на части — при разрезке листового материала большой толщины, рельсов, сортового проката; при вырезке деталей сложного контура из толстого листа. Кроме резки, струей кислорода прожигают отверстия в металле толщиной от 100 до 3000 *мм*.

Газокислородную резку выполняют вручную и специальными машинами. Для ручной резки применяют универсальный резак, имеющий сменные мундштуки — два подогревательных и пять режущих. Конструкция резака (рис. 53) в той части, где обеспечивается смешение горючей смеси, принципиально не отличается от сварочной горелки.

Техника безопасности при выполнении сварочных работ. К обслуживанию сварочных установок и аппаратуры, к производству сварочных работ допускаются только рабочие, знающие правила техники безопасности и имеющие право на производство этих работ.

Вопросы для самопроверки

1. Каково значение сварки в технике и народном хозяйстве?
2. Перечислите способы сварки, расскажите об особенностях их.
3. Какие примеси в металле влияют на свариваемость? Какие стали не свариваются?
4. Что такое контактная сварка и как она выполняется?
5. В чем заключаются особенности газовой сварки?
6. Как осуществляется термитная сварка?
7. Для выполнения каких работ применяют газовую резку металлов?

Глава XIII

ОСНОВЫ ИЗМЕРЕНИЯ

§ 43. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ. КЛАССИФИКАЦИЯ СРЕДСТВ ИЗМЕРЕНИЯ

Под измерением понимается сравнение одноименной величины (длины с длиной, угла с углом, площади с площадью и т. д.) с величиной, принимаемой за единицу. Единицы измерения регламентируются Государственными общесоюзными стандартами (ГОСТ).

В современном машиностроении технические измерения являются одной из важнейших основ производства, ни одна технологическая операция не выполняется без измерений размеров. Детали машин и механизмов изготовляются в разных цехах, а иногда и на разных заводах, а в процессе сборки эти детали должны сопрягаться одна с другой без дополнительной обработки, что требует высокой точности изготовления, которую без правильного и точного измерения осуществить невозможно.

Состояние производства измерительных средств характеризуется резким увеличением выпуска высокоточных (прецизионных) приборов и инструментов для автоматического контроля размеров. Выпускаются оригинальные конструкции пневматических, электрических и оптических измерительных приборов, в том числе и контрольные автоматы.

В большинстве случаев в машиностроении требуемая точность измерений колеблется от 0,1 до 0,001 *мм*. В соответствии с этим разработаны и конструкции измерительных инструментов и приборов.

По методу измерения измерительные средства подразделяются на следующие четыре основные группы:

инструменты с непосредственным отсчетом измеряемого размера, к ним относятся штриховые меры длины и штангенинструменты, имеющие шкалы;

инструменты для измерения методом сравнения, называемые калибрами; их применяют для проверки диаметров валов и отверстий, шлицевых сопряжений и других поверхностей;

плоскопараллельные концевые меры, которые можно было бы отнести к первой и второй группам измерительных инструментов,

но ввиду того, что они имеют особо важное значение и широко применяются, их выделяют в отдельную группу;

измерительные приборы и аппараты, подразделяющиеся на механические, оптико-механические, оптические, электрические, пневматические и жидкостные.

§ 44. ТОЧНОСТЬ И ПОГРЕШНОСТЬ ИЗМЕРЕНИЯ. ИНСТРУМЕНТЫ С НЕПОСРЕДСТВЕННЫМ ОТСЧЕТОМ ИЗМЕРЯЕМОГО РАЗМЕРА

Ни одно измерение не может быть проведено абсолютно точно. Между измеренным значением величины и ее действительным значением существует всегда некоторая разница, которая называется погрешностью измерения. Чем меньше погрешности измерения, тем, естественно, выше точность измерения.

Точность измерения характеризует ту ошибку, которая неизбежна при работе самым точным измерительным инструментом или прибором определенного вида. На точность измерения оказывают влияние свойства материала измерительного инструмента и конструкция его. Точность измерения может быть достигнута только при условии, если измерение производят по правилам.

Основными причинами, понижающими точность измерения, могут быть:

неудовлетворительное состояние инструмента: поврежденные грани, загрязненность, неправильное положение нулевой отметки, неисправность;

нагрев инструмента;

неточность установки инструмента или измеряемой детали относительно инструмента;

разность температур, при которых производится измерение (нормальная температура, при которой следует производить измерения, +20° С);

незнание измерительного инструмента или неумение пользоваться им, неправильный выбор инструмента для измерения.

Повышения точности измерения можно добиться повторным измерением с последующим определением среднего арифметического, полученного в результате нескольких измерений.

К инструментам с непосредственным отсчетом измеряемого размера относятся штриховые меры длины и штангенинструменты, имеющие шкалы, позволяющие непосредственно определять искомую величину в миллиметрах и долях миллиметра.

Для грубых измерений применяются:

линейки измерительные металлические (ГОСТ 427—56) с пределами измерений до 1000 *мм*. Изготовляются с одной или двумя шкалами, с верхними пределами измерений 150, 300, 500 и 1000 *мм*. Цена делений 0,5 *мм* и 1,0 *мм*;

метры складные металлические (ГОСТ 7259—68), предназначенные для линейных измерений путем непосредственного сравнения измеряемых размеров со шкалой мер. Метры изго-

товляются длиной 1000 *мм* (в развернутом виде) и состоят из 10 стальных упругих пластин-звеньев, шарнирно соединенных между собой. Точность измерения до 1 *мм*;

рулетки измерительные металлические (ГОСТ 7502—69) со штриховыми шкалами, предназначенные для измерения путем непосредственного сравнения определяемых расстояний и размеров со шкалой рулеток. Рулетки изготавливаются следующих типов: самосвертывающиеся кнопочные с длиной шкалы 1 и 2 *м*; желобчатые с длиной шкалы 1 и 2 *м*; стальные простые с длиной шкалы 2, 5, 10, 20, 30, 50 *м*.

§ 45. ШТАНГЕНИНСТРУМЕНТЫ

Штангенинструменты являются распространенными в машиностроении видами измерительного инструмента. Их применяют для измерения наружных и внутренних диаметров, длин, толщин, глубин и т. д. Все штангенинструменты основаны на применении нониусов, по которым отсчитывают дробные доли делений основных шкал.

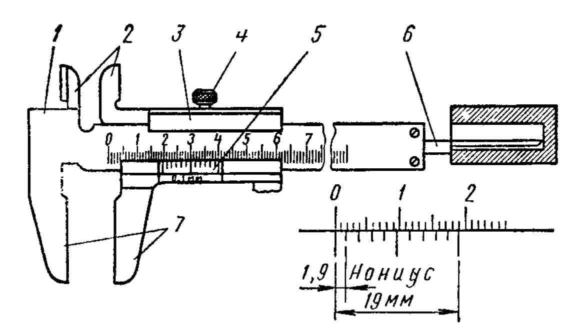


Рис. 54. Штангенциркуль ШЦ-I:
1 — штанга, *2*, *7* — губки, *3* — подвижная рамка, *4* — зажим, *5* — шкала нониуса, *6* — линейка глубиномера

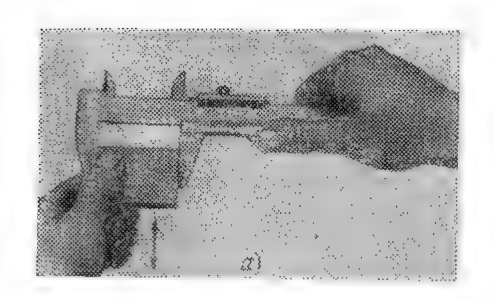
Штангенциркули применяются трех типов: ШЦ-I, ШЦ-II, и ШЦ-III (ГОСТ 166—63).

Штангенциркули изготовляются с пределами измерений 0—125 *мм* (ШЦ-I); 0—200 и 0—320 *мм* (ШЦ-II); 0—500; 270—710; 320—1000; 500—1400; 800—2000 (ШЦ-III) и с величиной отсчета 0,1 *мм* (ШЦ-I и ШЦ-III), 0,05—0,1 *мм* (ШЦ-II).

Штангенциркуль ШЦ-I применяется для измерения наружных, внутренних размеров и глубин с величиной отсчета по нониусу 0,1 *мм*. Штангенциркуль (рис. 54) имеет штангу *1*, на которой нанесена шкала с миллиметровыми делениями. На одном конце этой штанги имеются неподвижные измерительные губки *2* и *7*, а на другом конце линейка *6* для измерения глубин. По штанге перемещается подвижная рамка *3* с губками *2* и *7*.

Рамка в процессе измерения закрепляется на штанге зажимом *4*.

Нижние губки *7* служат для измерения наружных размеров, а верхние *2* — для внутренних размеров. На скошенной грани рамки *3* нанесена шкала *5*, называемая нониусом. Нониус предназначен для определения дробной величины цены деления штанги, т. е. для определения доли миллиметра. Шкала нониуса длиной 19 *мм* разделена на 10 равных частей; следовательно, каждое деление нониуса равно 19 : 10= =1,9 *мм*, т. е. оно короче расстояния между каждыми двумя делениями, нанесенными на шкалу штанги, на 0,1 *мм* (2,0— —1,9=0,1). При сомкнутых губках начальное деление нониуса совпадает с нулевым штрихом шкалы штангенциркуля, а последний — 10-й штрих нониуса — с 19-м штрихом шкалы.



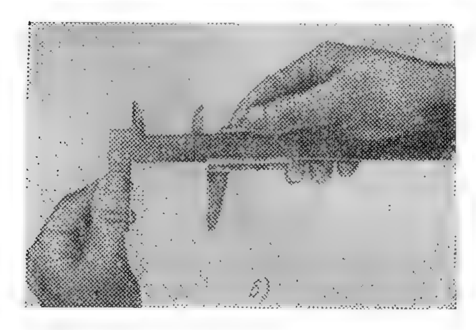


Рис. 55. Приемы измерения:
а — установка инструмента на деталь, *б* — закрепление рамки

Перед измерением при сомкнутых губках нулевые штрихи нониуса и штанги должны совпадать. При отсутствии просвета между губками для наружных измерений или при небольшом просвете (до 0,012 *мм*) должны совпадать нулевые штрихи нониуса и штанги.

При измерении деталь берут в левую руку, которая должна находиться за губками и захватывать деталь недалеко от губок (рис. 55, *а*). Правая рука должна поддерживать штангу, при этом большим пальцем этой руки перемещают рамку до соприкосновения с проверяемой поверхностью, не допуская перекоса губок и добиваясь нормального измерительного усилия.

Рамку закрепляют зажимом большим и указательным пальцами правой руки, поддерживая штангу остальными пальцами этой руки; левая рука при этом должна поддерживать нижнюю губку штанги (рис. 55, *б*). При чтении показаний штангенциркуль держат прямо перед глазами (рис. 56, *а*). Целое число миллиметров отсчитывается по шкале штанги слева направо нулевым штрихом нониуса. Дробная величина (количество десятых долей миллиметра) определяется умножением величины отсчета (0,1 *мм*) на порядковый номер штриха нониуса, не считая нулевого, совпадающего со штрихом штанги. Примеры отсчета показаны на рис. 56, *б*.

Штангенциркуль ШЦ-II (рис. 57, *а*) с величиной отсчета по нониусу 0,05 *мм* предназначен для наружных и внутренних измерений и разметки. Это инструмент высокой точности. Верхние губ-

ки штангенциркуля заострены и используются для разметочных работ.

Для создания необходимого усилия измерения и. точной установки подвижной рамки относительно штанги штангенциркуль снабжен микрометрической подачей (винт и гайка).

Деления на штанге *4* нанесены через один миллиметр. Шкала нониуса *6* длиной 39 *мм* разделена на 20 равных частей. Следовательно, каждое деление нониуса равно 1,95 *мм* (39 : 20=1,95), т. е. короче расстояния между каждыми двумя



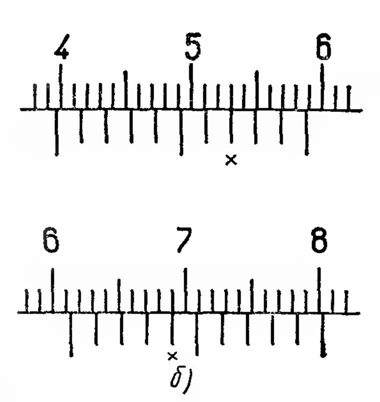


Рис. 56. Чтение показаний:
а — положение глаз, *б* — примеры отсчета: 39+0,1×7=39,7; 61+0,1×4=61,4

делениями, нанесенными на шкале штанги, на 0,05 *мм* (2—1,95= =0,05).

Перед измерением необходимо убедиться в совпадении нулевого штриха нониуса с нулевым штрихом штанги.

Для грубых измерений рамку *3* перемещают по штанге до плотного прилегания губок *1* к поверхности измеряемой детали и после закрепления зажимом *2* производят отсчет. Для точной установки штангенциркуля и точных измерений пользуются микрометрической подачей.

На рис. 57, *б* показан пример определения доли миллиметра нониуса штангенциркуля с величиной отсчета 0,05 *мм*.

Дробная величина 0,35 *мм* получена в результате умножения величины отсчета (0,05 *мм*) на порядковый номер штриха нониуса, т. е. седьмого (крестиком указан 7-й штрих нониуса), совпадающего со штрихом штанги, не считая нулевого деления: 0,05 *мм*× ×7=0,35 *мм*. Для ускорения отсчета используют цифры нониуса 25, 50 и т. д., обозначающие сотые доли миллиметра.

На точность измерения большое влияние оказывает точность установки губок штангенциркуля по отношению к измеряемой поверхности (отсутствие перекоса и нормальное усилие).

Штангенциркуль ШЦ-III (рис. 58, *а*) с величиной отсчета наружных и внутренних измерений. Этот штангенциркуль применяется редко.

Штангенциркуль ШЦ-III состоит из подвижной рамки *1*, зажима *2* подвижной рамки, рамки микрометрической подачи *3*, зажима рамки микрометрической подачи *4*, штанги *5* с миллиметровыми делениями, гайки и винта микрометрической подачи *6*, нониуса *7*, подвижной измерительной губки *8* и неподвижной измерительной губки *9*. Измерение и порядок отсчета выполняются так же, как и по штангенциркулю ШЦ-II (рис. 58, *б*).

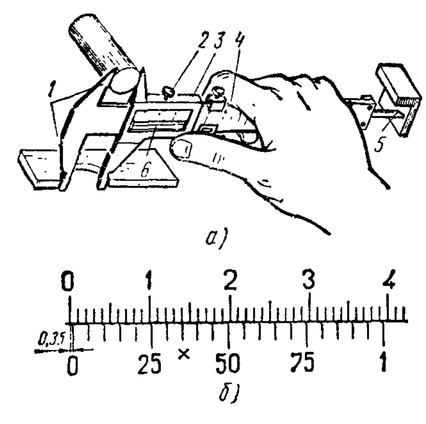


Рис. 57. Штангенциркуль ШЦ-II:
а — устройство, *б* — пример отсчета (0,05×7=0,35); *1* — губки, *2* — зажимы, *3* — рамка, *4* — штанга, *5* — глубиномер, *6* — шкала нониуса

Штангенциркули с величиной отсчета по нониусу 0,02 *мм* промышленностью не выпускаются, но на производстве еще используются.

Нониус в этом штангенциркуле имеет длину 49 *мм* (рис. 59, *а*), разделен на 50 частей. Одно деление нониуса составляет: 49 : 50=0,98 *мм*, что на 0,02 *мм* меньше миллиметра. Устройство нониуса этого штангенциркуля показано на рис. 59, *а*, а примеры отсчета — на рис. 59, *б*. При измерении штангенциркулями внутренних размеров к показаниям штангенциркуля добавляется толщина губок, указанная на них.

Штангенглубиномер (ГОСТ 162—64) служит для измерения высот, глубины глухих отверстий, канавок, пазов, выступов. Штангенглубиномеры изготовляются с пределами измерений 0—200; 0—320 (величина отсчета по нониусу 0,05 *мм*) и 0—500 *мм* (величина отсчета по нониусу 0,1 *мм*).

Штангенглубиномер (рис. 60, *а*) состоит из основания *9* с рамкой *8* и нониусом *1*, зажима *2* рамки, штанги *5* с миллиметровыми делениями, механизма микрометрической подачи (винт *6* и гайка *7*) и зажима *3*. Измерительными поверхностями штангенглубиномера служит плоское основание *9* и торец *10* штанги.

Перед измерением штангенглубиномером проверяют нулевое положение инструмента. При соприкосновении измерительных поверхностей основания и штанги с плитой (рис. 60, *б*) или лекальной линейкой (см. рис. 60, *в*) нулевые штрихи нониуса и штанги должны совпадать.

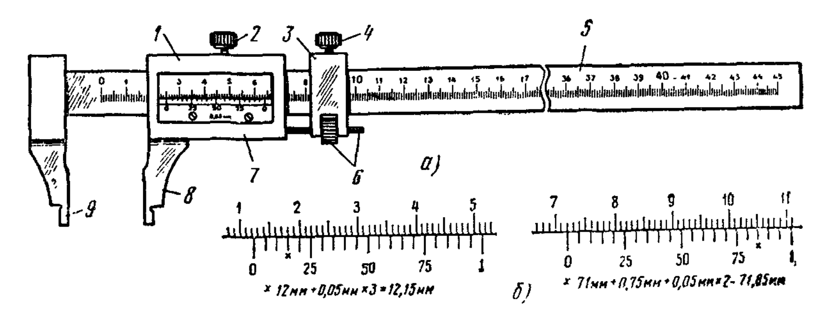


Рис. 58. Штангенциркуль ШЦ-III:

а — устройство, *б* — примеры отсчета; *1* — подвижная рамка, *2* — зажим рамки, *3* — рамка микрометрической подачи, *4* — зажим рамки микрометрической подачи, *5* — штанга с делениями, *6* — микрометрическая подача, *7* — нониус, *8* — подвижная губка, *9* — неподвижная губка

При измерении основание *9* (см. рис. 60, *а*) ставят на измеряемую поверхность (рис. 60, *в*) детали, от которой начинается измерение, и прижимают основание левой рукой к измеряемой поверхности, а правой рукой штангу *5* передвигают до упора в другую поверхность, до которой измеряют расстояние. В этом положении движок *4* микрометрической подачи стопорят зажимом *3*. Затем вращают гайку *7*, после чего рамку *8* стопорят зажимом *2*.

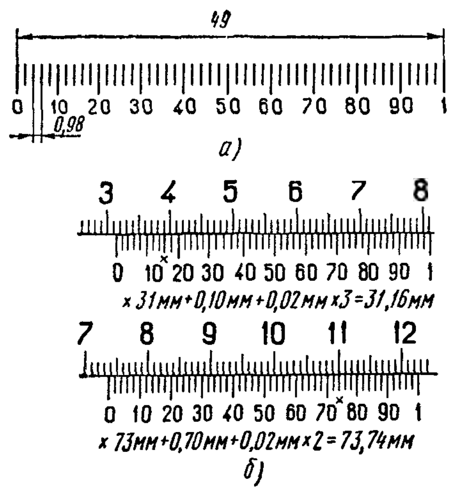


Рис. 59. Нониус штангенциркуля с величиной отсчета 0,02 *мм* (*а*), примеры отсчета (*б*)

Результат измерения отсчитывается так же, как и по штангенциркулю, — по основной шкале (целые миллиметры) и по нониусу *1* (дробные доли миллиметра).

В некоторых случаях для измерения труднодоступных мест применяют штанги с изогнутым концом.

Штангензубомер с нониусом (ГОСТ 163—41*) применяется для измерения толщины зубьев цилиндрических зубчатых колес. Штангензубомеры с отсчетом по нониусу 0,02 *мм* изготовляются двух видов: для измерения зубчатых колес с модулями от 1 до 18 *мм* и для измерения зубчатых колес с модулями от 5 до 36 *мм*.

Штангензубомер (рис. 61) имеет две взаимно перпендикулярные штанги *3* и *9*, по которым перемещаются две рамки с нониусами *5* и *10*. Одна рамка *11* соединена с высотной линейкой *6*,

а другая — с губкой. Штанга *3* служит для установки заданной высоты, а штанга *9* — для измерения толщины зуба — длины хорды по этой высоте.

При измерении высотную линейку *6* устанавливают при помощи нониуса *5* на заданный размер, как глубиномер, т. е. таким обра-



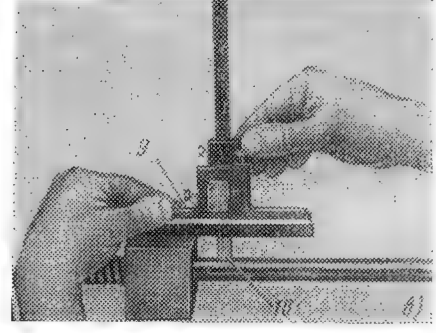


Рис. 60. Штангенглубиномер:

а — устройство, *б* — проверка нулевого положения по плите и лекальной линейкой, *в* — приемы измерения; *1* — нониус, *2*, *3* — зажимы, *4* — движок, *5* — штанга, *6* — микроподача, *7* — гайка микроподачи, *8* — рамка, *9* — основание, *10* — торец штанги

зом, чтобы контакт измерительных губок с зубом контролируемого колеса был по делительной окружности, затем окончательно доводят при помощи микрометрической подачи *4* и фиксируют размер винтом *2*. Штангу высотной линейки ставят на окружность выступов зуба, который надо измерить, затем сдвигают губки горизонтальной шкалы до соприкосновения с профильной поверхностью зуба и фиксируют винтом *7*, после чего по шкале нониуса *10* отсчитывают размер толщины зуба.

Показания на штангензубомере при измерении толщины зуба по хорде читают так же, как по штангенциркулю.

Штангенрейсмасы (ГОСТ 164—64) предназначаются для измерения высот от плоских поверхностей и точной разметки; изготовляются с пределами измерений: 0—250, 40—400 *мм* (величина отсчета по нониусу 0,05 *мм*); 60—630 *мм* (величина отсчета по нониусу 0,05 и 0,1 *мм*) и 100—1000, 600—1600 и 1500—2500 *мм* (величина отсчета по нониусу 0,1 *мм*).

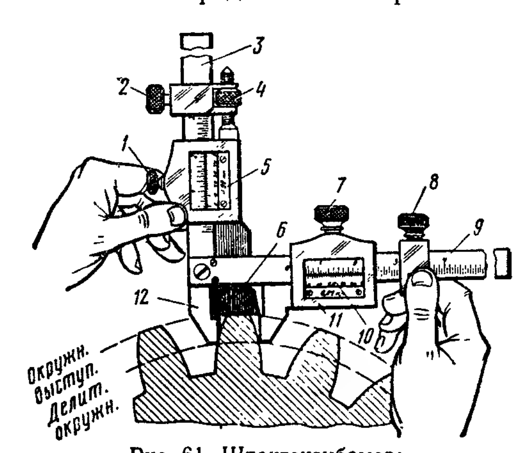


Рис. 61. Штангензубомер:
1, 2, 7, 8 — винты, *3, 9* — штанги, *4* — микроподача, *5, 10* — нониусы, *6* — высотная линейка, *11* — рамка, *12* — губки

Штангенрейсмас (рис. 62) состоит из основания *9*, в котором жестко закреплена штанга *8* со шкалой; рамки *7* с нониусом *5* и стопорным винтом *6*; устройства для микрометрической подачи *4*, включающего движок, винт, гайку и стопорный винт; сменных ножек *1* для разметки с острием и для измерения высоты, с двумя измерительными поверхностями (нижней плоской и верхней в виде острых ребер шириной не более 0,2 *мм*); стопорного винта *2* для закрепления ножки *1,10* и державки *3* на выступе рамки *7* для игл различной длины.

Перед использованием для проверки нулевого отсчета штангенрейсмас устанавливают на поверочную плиту и рамку опускают

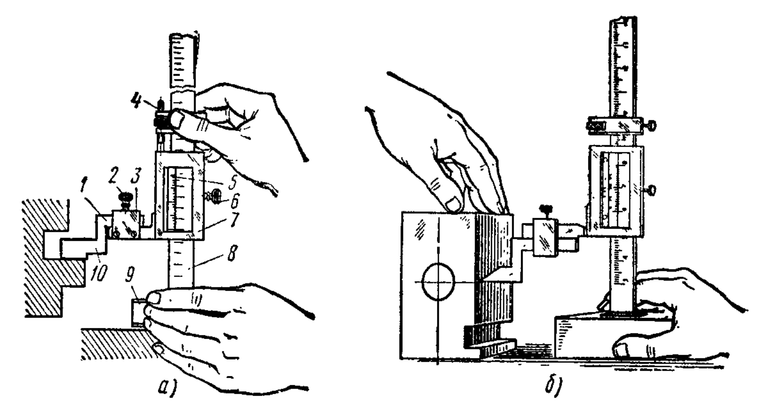
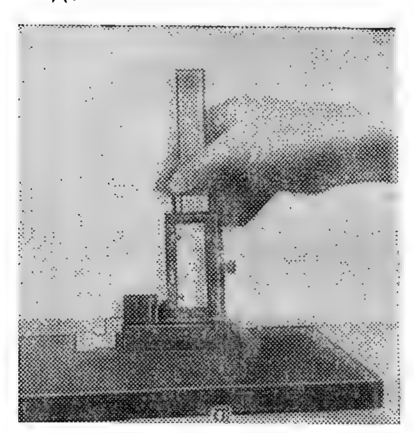


Рис. 62. Штангенрейсмас:
а — прием измерения, *б* — прием разметки; *1, 10* — сменная ножка для измерения, *2, 6* — стопорные винты, *3* — державки, *4* — микроподача, *5* — нониус, *7* — рамка, *8* — штанга, *9* — основание

вниз до соприкосновения измерительной поверхности ножки с плитой (рис. 63, *а*), при этом нулевой штрих нониуса должен совпадать с нулевым штрихом шкалы. Если штангенрейсмас имеет нижние пределы измерения выше 40 *мм*, то проверка производится установкой под ножку плоскопараллельных плиток (рис. 63, *б*). При отсутствии зазора между ножкой и плитой (или концевой мерой, равной нижнему пределу) нулевые штрихи нониуса и штанги должны совпасть.



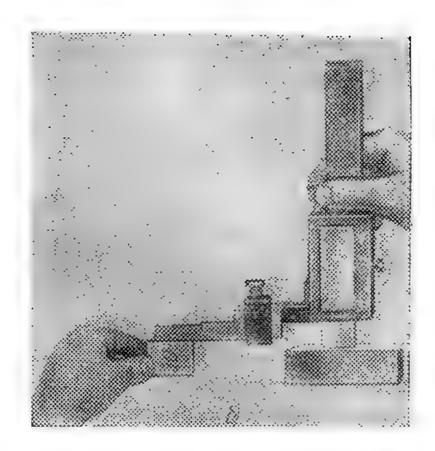


Рис. 63. Проверка нулевого положения штангенрейсмаса:
а — на плите, *б* — при помощи плоскопараллельных концевых мер длины (плиток)

При измерении (см. рис. 62, *а*) левой рукой прижимают основание к плите и подводят ножку к проверяемой поверхности, затем правой рукой при помощи микрометрической подачи *4* доводят измерительную ножку до соприкосновения нижней части ножки с проверяемой поверхностью. При разметке (см. рис. 62, *б*) правой рукой устанавливают требуемый размер (высоту), слегка прижимают левой рукой основание к плите, перемещая штангенрейсмас относительно размечаемой детали. Острием ножки наносят риски.

Показания штангенрейсмаса читаются так же, как и штангенциркуля. При измерении высоты верхней измерительной плоскостью необходимо к полученному размеру прибавить высоту ножек.

Правила обращения со штангенинструментами:

при измерении изделия не допускать сильного зажима: может возникнуть перекос движка, и показания будут неверными; перед измерением зажим должен быть освобожден;

категорически запрещается применять штангенинструменты для измерения детали на работающем станке или пользоваться ими, как скобой;

не допускать ослабления посадки и качки движка на линейке — это приводит к перекосу ножек и к ошибкам измерения;

точность штангенинструмента надо регулярно проверять;

по окончании работы штангенинструменты должны быть тщательно протерты, смазаны и уложены в футляры;

при хранении в футляре измерительные поверхности штангенинструмента должны быть разъединены, а зажимы ослаблены.

§ 46. МИКРОМЕТРИЧЕСКИЕ ИНСТРУМЕНТЫ

Микрометр с ценой деления 0,01 *мм* служит для измерения наружных размеров по ГОСТ 6507—60. Изготовляют следующие типы микрометров:

МК — микрометры гладкие для измерения наружных размеров изделий;

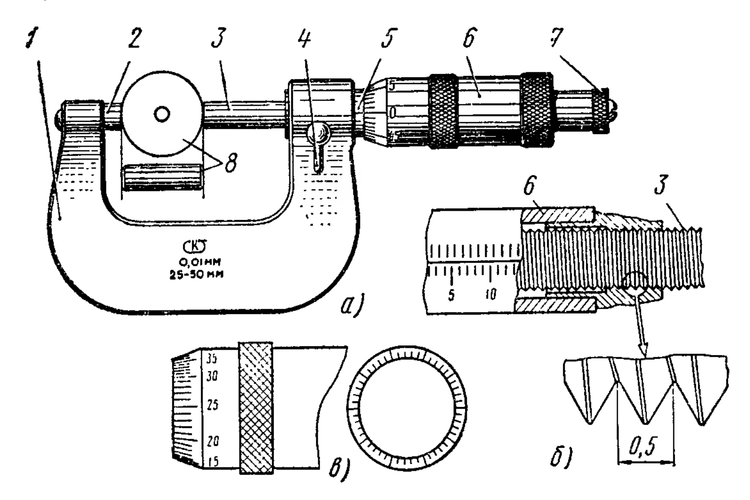


Рис. 64. Микрометр:
а — устройство, *б* — микрометрический винт, *в* — барабан; *1* — скоба, *2* — пятка, *3* — винт, *4* — стопор, *5* — стебель, *6* — барабан, *7* — трещотка, *8* — установочные меры

МЛ — микрометры листовые с циферблатом для измерения толщины листов и лент;

МТ — микрометры трубные для измерения толщины стенок труб;

МЗ — микрометры зубомерные для измерения зубчатых колес.

Микрометры с верхним пределом измерений более 300 *мм* имеют передвижные или сменные пятки, обеспечивающие возможность измерения любого размера в пределах измерений данного микрометра.

Микрометры с верхним пределом измерений 50 *мм* и более снабжаются установочными мерами.

Микрометры типа МК выпускаются с пределами измерений: 0—25; 25—50; 50—75; 75—100; 100—125; 125—150; 150—175; 175—200; 200—225; 225—250; 250—275; 275—300; 300—400; 400—500; 500—600 *мм*.

Микрометр (рис. 64, *а*) имеет скобу *1* с пяткой *2* на одном конце, втулку-стебель *5* на другом, внутрь которой ввернут микрометрический винт *3*. Торцы пятки и микрометрического винта являются измерительными поверхностями. На наружной поверхности стебля проведена продольная линия, ниже которой нанесены мил-

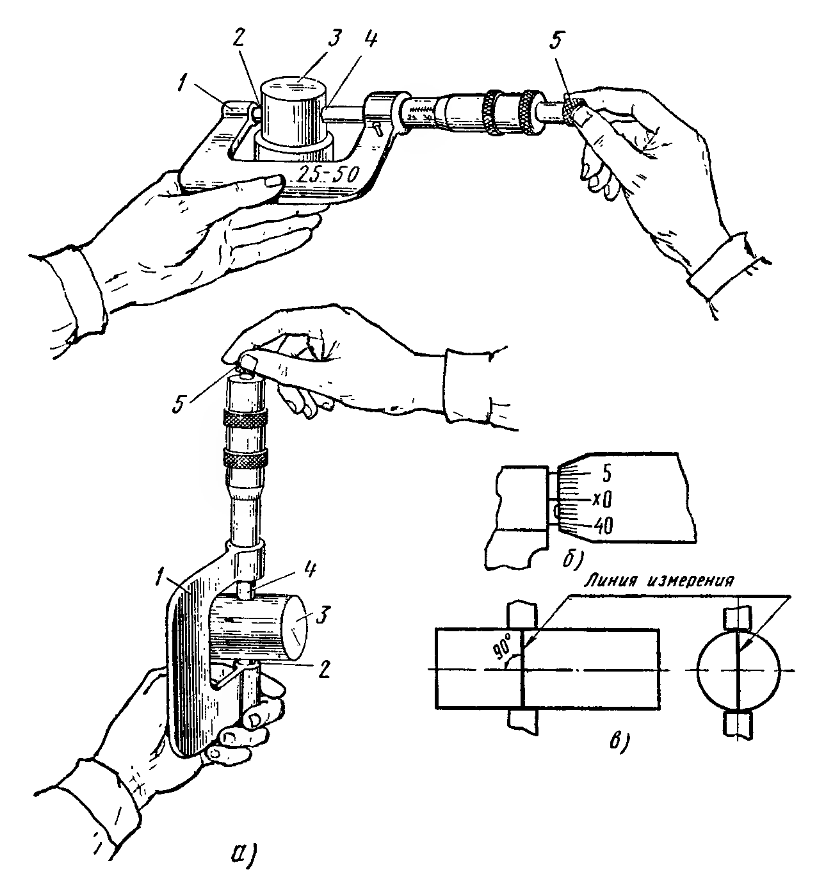


Рис. 65. Приемы использования микрометра:
а — измерение деталей в вертикальном и горизонтальном положениях, *б* — установка микрометра на нуль, *в* — установка микрометра на деталь

лиметровые деления, а выше ее — полумиллиметровые деления. Винт *3* жестко связан с барабаном *6*, на конической части барабана нанесена шкала (нониус) с 50 делениями.

На головке микрометрического винта имеется устройство (трещотка) *7*, обеспечивающее постоянное измерительное усилие. Трещотка соединена с винтом так, что при увеличении измерительного усилия свыше 900 *Г* она не вращает винт, а проворачивается. Для фиксирования полученного размера детали служит стопор *4*. Шаг

микрометрического винта *3* равен 0,5 *мм* (рис. 64, *б*). Так как на скосе барабан *6* по окружности разделен на 50 равных частей (рис. 64, *в*), то при одном полном обороте барабана микрометрический винт *3*, соединенный с барабаном *6*, перемещается вдоль оси на 1/50 шага, т. е. 0,5 *мм* : 50=0,01 *мм*, что и составляет цену деления микрометра.

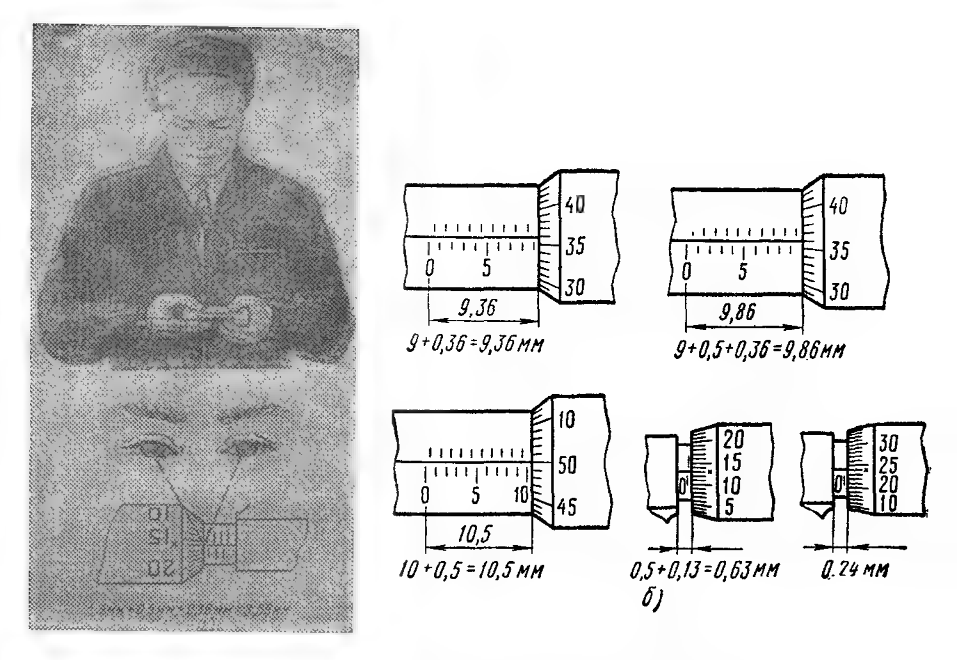


Рис. 66. Чтение показаний микрометра (*а*), примеры отсчета (*б*)

Перед измерением проверяют нулевое положение микрометра. При соприкосновении измерительных поверхностей микрометра с измерительными поверхностями установочной меры *8* или непосредственно между собой (при пределах измерения микрометра 0—25 *мм*) нулевой штрих барабана должен совпадать с продольным штрихом стебля, а скос барабана должен открывать нулевой штрих стебля (рис. 65, *б*). Перед измерением протирают измерительные поверхности и устанавливают микрометр на размер несколько больше проверяемого, затем микрометр (рис. 65, *а*) берут левой рукой за скобу *1*, а измеряемую деталь *3* помещают между пяткой *2* и торцом микрометрического винта *4*. Плавно вращая трещотку, прижимают торцом микрометрического винта *4* деталь *3* к пятке *2* до тех пор, пока трещотка *5* не начнет провертываться и пощелкивать.

При измерении диаметра цилиндрической детали линия измере-

ния должна быть перпендикулярна образующей и проходить через центр (рис. 65, *в*).

При чтении показаний микрометра целые миллиметры отсчитывают по краю скоса барабана по нижней шкале, полумиллиметры — по числу делений верхней шкалы стебля. Сотые доли милли-

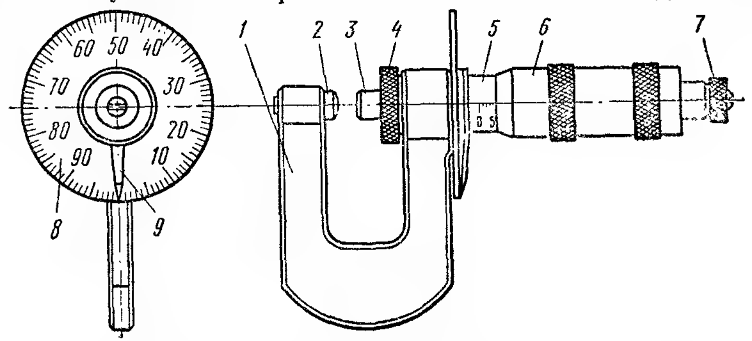


Рис. 67. Микрометр МЛ:

1 — скоба, *2* — пятка, *3* — винт, *4* — стопор, *5* — гильза, *6* — барабан, *7* — трещотка, *8* — циферблат, *9* — стрелка

метра определяют по конической части барабана по порядковому номеру (не считая нулевого) штриха барабана, совпадающего с продольным штрихом стебля.

При чтении показаний микрометр держат прямо перед глазами (рис. 66, *а*). Примеры отсчета показаны на рис. 66, *б*.

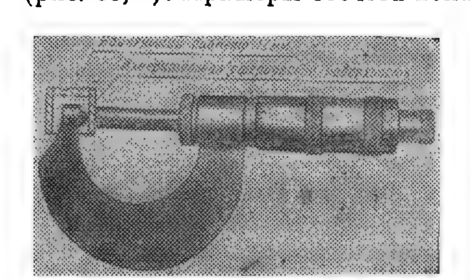


Рис. 68. Микрометр МТ

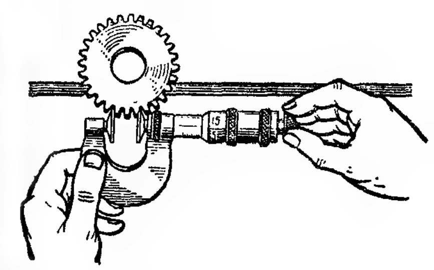
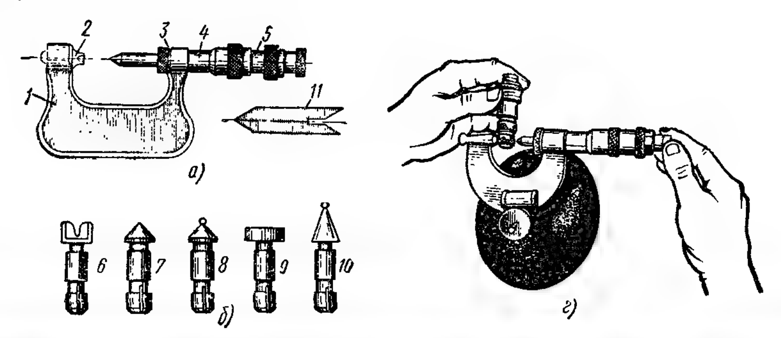


Рис. 69. Микрометр МЗ

Микрометры типа МЛ (рис. 67) применяются для измерения листового материала. От обычных микрометров они отличаются большим вылетом скобы *1*, который у микрометров с верхним пределом измерений 5 *мм* равен 20 *мм*; так же соответственно при 10 *мм* — 40 *мм*, при 25 *мм* — 80 *мм*. Кроме того, эти микрометры имеют неподвижный циферблат *8* и вращающуюся при перемещении барабана стрелку *9* для отсчета сотых долей миллиметра. Шаг микрометрического винта *3* равен 1 *мм* или 0,5 *мм*. Остальные части микрометра МЛ такие же, как у других.

Микрометр типа МТ (рис. 68) предназначен для измерения толщины стенок труб с внутренним диаметром 12 *мм* и более. От обычного микрометра он отличается только тем, что у него измерительная поверхность пятки имеет форму сферы радиусом 5 *мм*.



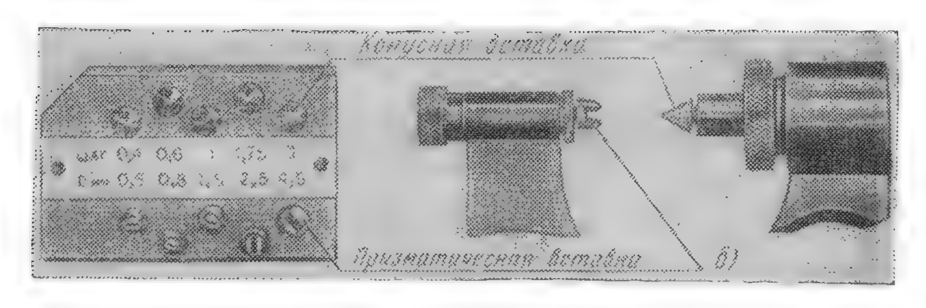


Рис. 70. Микрометр со вставками:

а — устройство, *б* — вставки, *в* — установка вставок в микрометр, *г* — прием измерения резьбы; *1* — скоба, *2* — пятка, *3* — микрометрический винт, *4* — стебель, *5* — барабан, *6* — призматическая вставка, *7* — коническая вставка, *8*, *10* — конические шаровые вставки, *9* — плоская вставка, *11* — установочная мера

Микрометры типа МЗ (рис. 69) предназначены для измерения среднего значения и колебания длины общей нормали зубчатых колес с модулем от 1 *мм*. Отличаются эти микрометры от других наличием плоских пяток.

Микрометры со вставками ГОСТ 4380—63 (рис. 70, *а*) применяются для измерения резьб. Эти микрометры изготовляются трех типов:

МВМ — со вставками для измерения среднего диаметра метрических и дюймовых резьб;

МВТ — со вставками для измерения среднего диаметра трапецеидальных резьб с шаровыми вставками для измерения фасонных деталей;

МВП — с плоскими вставками для измерения деталей из мягких металлов.

Микрометры со вставками отличаются от обычных микрометров наличием отверстий в пятке *2* и микрометрическом винте *3*, в ко-

торые вставляются сменные резьбовые вставки, соответствующие профилям измеряемых резьб (рис. 70, *б*), а также установочной мерой *11* (рис. 70, *а*), соответствующей нижнему пределу измерения данного микрометра.

Вставки выбирают в соответствии с шагом контролируемого изделия. Призматическую вставку устанавливают в отверстие пятки, а коническую — в отверстие микрометрического винта (рис. 70, *в*), предварительно вытерев отверстия и хвостовики вставок. Прием измерения показан на рис. 70, *г*. Чтение показаний производится так же, как на микрометре для наружных измерений.

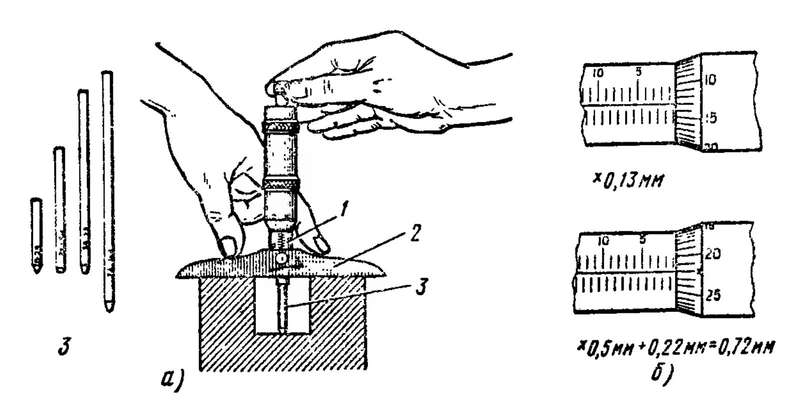


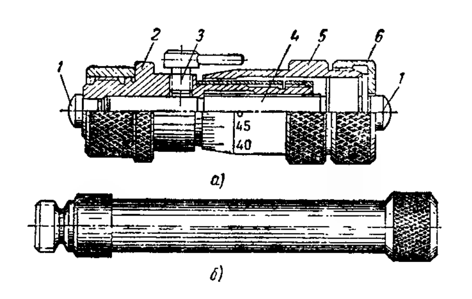
Рис. 71. Микрометрический глубиномер:
а — устройство, *б* — примеры отсчета; *1* — стебель, *2* — основание, *3* — сменные стержни

Микрометрический глубиномер (ГОСТ 15985—70) с точностью измерения 0,01 *мм* (рис. 71, *а*) применяется для измерения глубины пазов, отверстий и высоты уступов до 100 *мм*. Глубиномеры изготовляются со сменными измерительными стержнями для измерений в пределах 0—25; 25—50; 50—75 и 75—150 *мм*. Изменение пределов измерения достигается присоединением сменных ножек. Шаг резьбы микрометрического винта *1* (стебель) равен 0,5 *мм*. Изменение пределов измерений достигается присоединением сменных измерительных стержней *3*.

Перед измерением проверяют нулевое положение глубиномера. При измерении левой рукой прижимают основание *2* глубиномера к верхней поверхности детали, а правой при помощи трещотки в конце хода доводят измерительный стержень до соприкосновения с другой поверхностью детали. Затем стопорят микрометрический винт и читают размер.

При чтении показаний надо иметь в виду, что при ввинчивании микрометрического винта глубиномера показания не уменьшаются, как у микрометра, а увеличиваются. Поэтому цифры на шкале стебля и барабана указаны в обратном порядке: на стебле цифры увеличиваются справа налево, а на барабане — по часовой стрелке (рис. 71, *б*).

М и к р о м е т р и ч е с к и й н у т р о м е р ГОСТ 17215—71 с ценой деления 0,01 *мм* (рис. 72, *а*) предназначен для измерения внутренних размеров от 50 до 10 000 *мм*. Микрометрические нутромеры изготовляются с пределами измерений: 50—75; 75—175; 75—600; 150—1250; 800—2500; 1250—4000; 2500—6000; 4000—10 000 *мм*. Нутромеры с пределами измерений 1250—4000 *мм* и более поставляются с двумя головками: микрометрической и микрометрической с индикатором.



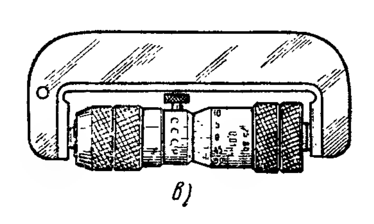


Рис. 72. Микрометрический нутромер:
а — устройство, *б* — удлинительный стержень, *в* — проверка нулевого положения: *1* — измерительные поверхности, *2*, *6* — гайки, *3* — стопор, *4* — микрометрический винт, *5* — барабан

Шаг резьбы микрометрической винтовой пары нутромера равен 0,5 *мм*. Микрометрический нутромер имеет стебель *2* (рис. 72, *а*), в отверстие которого вставлен микрометрический винт *4*. Концы стебля и микрометрический винт имеют сферические измерительные поверхности *1*. На винт насажен барабан *5* с установочной гайкой *6*. В установленном положении микровинт закрепляется стопором *3*. При перемещении микрометрического винта в стебле изменяется расстояние между измерительными поверхностями *1* от 50 до 75 *мм*.

Для измерения отверстий размером более 63 *мм* используют удлинительные стержни (рис. 72, *б*) с размерами: 13; 25; 50; 100; 150; 200 и 600 *мм*. Это дает возможность увеличить предел измерения до 1500 *мм* и даже более. Перед навинчиванием удлинителя со стебля свинчивают гайку *6*, после присоединения удлинителя ее навинчивают на резьбовой конец последнего стержня.

Перед измерением микрометрическую головку (рис. 72, *в*) устанавливают по установочной мере на исходный размер, проверяют нулевое положение, затем выбирают наименьшее количество соответствующих удлинителей.

Измерение нутромером отверстий производят по двум взаимно перпендикулярным диаметрам. Левой рукой прижимают измерительный наконечник к одной поверхности, а правой рукой вращают барабан до легкого соприкосновения с другой поверхностью (рис. 73, *а*, *б*). Отыскав наибольший размер, стопорят микровинт и читают размер.

Правильное положение микрометрического нутромера находят покачиванием при легком контактировании измерительных поверхностей с деталью.

Для отсчета показаний на стебле нутромера имеется шкала длиной 13 *мм* с полумиллиметровыми и миллиметровыми делениями. Вторая шкала нанесена на конической части барабана, она имеет 50 делений по окружности. По этой шкале и отсчитывают сотые доли миллиметра.

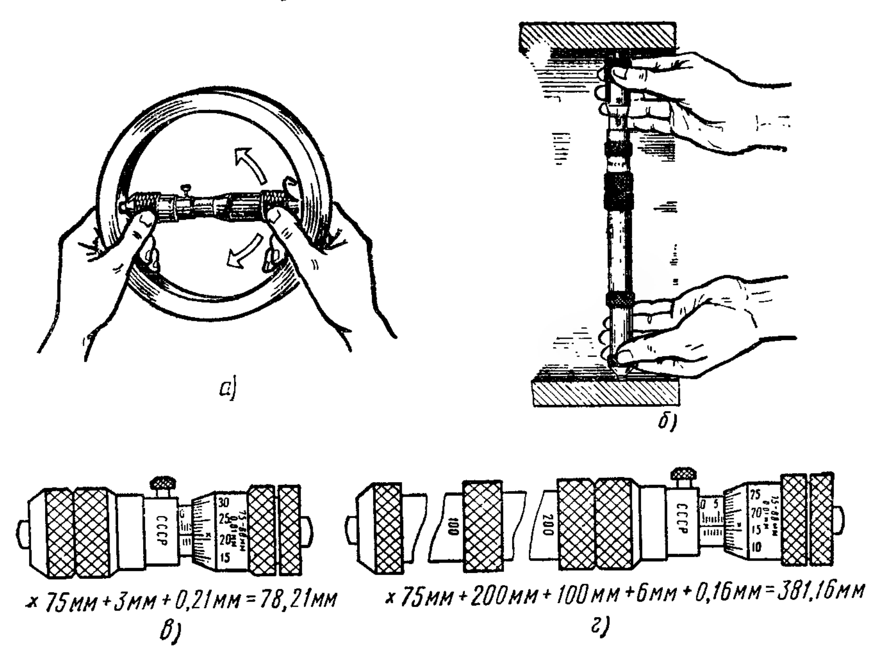


Рис. 73. Приемы измерения:

а — цилиндрических отверстий, *б* — параллельности деталей, *в*, *г* — примеры отсчета без применения и с применением удлинителей

Показания микрометрического нутромера читаются так (рис. 73, *в*): к предельному размеру микрометрической головки (75 *мм*) прибавляют показания на стебле (в данном случае 3 *мм*), а затем показания на скосе барабана (0,21 *мм*). Следовательно, показание будет 75 *мм* + 3 *мм* + 0,21 *мм*=78,21 *мм* (см. рис. 73, *в*).

При чтении показаний с удлинителями к показанию микрометрической головки прибавляют длину удлинителей, например: к микрометрической головке присоединены удлинители 200 и 100 *мм*. Показание (рис. 73, *г*) будет: 75 *мм*+200 *мм*+100 *мм*+6 *мм*+ +0,16 *мм*=381,16 *мм*.

Правила обращения с микрометрами:

не разрешается измерять микрометром черные, грубо обработанные поверхности и особенно детали, покрытые наждачной или металлической пылью;

запрещается измерять микрометром нагретые детали и не следует продолжительное время держать его в руке, так как при этом показания будут неточными. Измерения производить при температуре 20° С;

в процессе измерения барабан трещотки вращать плавно и не слишком быстро. Резкая подача микрометрического винта и сильный зажим измеряемой детали вызывают неправильные показания и преждевременный износ винта. Перед использованием микрометра освободить стопор;

не пользоваться микрометром, как скобой. Такой способ измерения приводит к быстрому износу измерительных поверхностей;

при пользовании микрометр класть на сухую, чистую поверхность;

по окончании работы микрометр тщательно протереть, стопоры ослабить, измерительные поверхности немного развести;

хранить микрометры в деревянном футляре. Для длительного хранения микрометр промыть в чистом авиационном бензине, насухо протереть и смазать техническим вазелином. Нельзя хранить микрометры в сырых помещениях и при резких колебаниях температуры.

§ 47. ШАБЛОНЫ. ЩУПЫ

Для проверки сложных профилей применяют шаблоны, изготовляемые из листовой или полосовой стали толщиной 0,5—6 *мм* с содержанием углерода не менее 0,5%. Иногда шаблоны делают

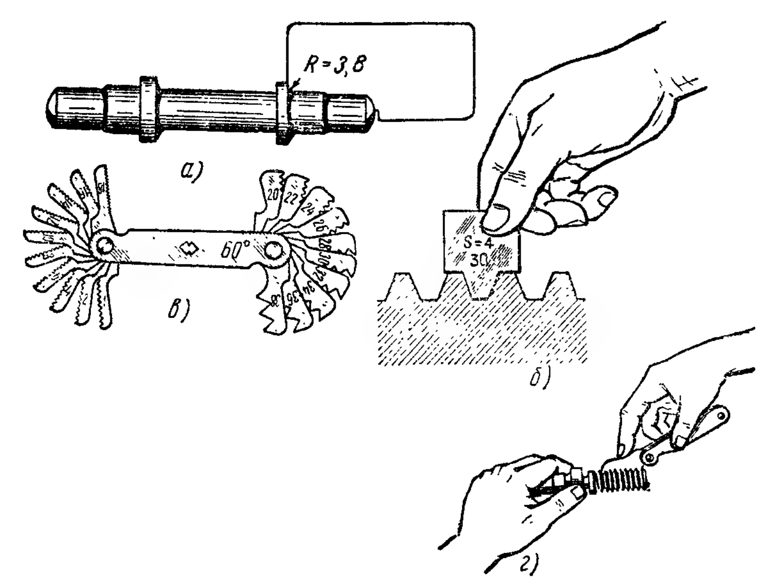


Рис. 74. Проверка шаблонами:
а — профиля, *б*, *г* — резьбы; *в* — резьбомер

из высококачественных углеродистых инструментальных сталей У7А и У8А.

Шаблоны могут иметь самую разнообразную форму, которая зависит от формы и профиля проверяемой детали.

Проверяют детали шаблонами двумя способами:

первый — шаблон прикладывают к проверяемой поверхности (рис. 74, *а*) и по величине просвета судят о точности и правильности изготовления изделия. Точность такой проверки примерно 0,01 *мм*, при наличии опыта и выше;

второй — когда нет возможности проверить на просвет, прибегают к проверке на краску, например при контроле выемок, глухих мест и т. д. В этом случае проверяемые места покрывают тонким слоем краски, затем накладывают шаблон на проверяемую поверхность. По следам краски, остающимся на поверхности шаблона, определяют, правильно ли обработана деталь.

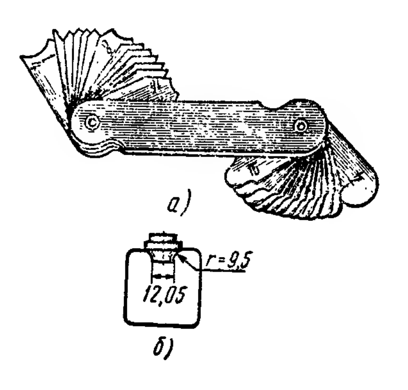


Рис. 75. Набор радиусных шаблонов (*а*), контроль профильным шаблоном (*б*)

Резьбовые шаблоны ГОСТ 519—66 являются сортирующим прикладным инструментом для определения шага и профиля резьбы (рис. 74, *б, в, г*). Они представляют собой закрепленные в обоймы наборы тонких стальных пластин толщиной 1 *мм* с точными зубьями резьбы. Шаблоны комплектуются в два набора: для метрической резьбы с углом 60°, для дюймовой резьбы с углом 55°. Набор № 1 для определения шага метрической резьбы состоит из 20 резьбовых пластин с шагом: 0,4; 0,45; 0,5; 0,6; 0,7; 0,75; 0,8; 1,0; 1,25; 1,5; 1,75; 2,0; 2,5; 3,0; 3,5; 4,0; 4,5; 5,0; 5,5; 6,0 *мм*. Набор № 2 для определения шага дюймовой и трубной резьбы состоит из 17 резьбовых шаблонов с числом ниток на один дюйм: 28; 24; 20; 19; 18; 16; 14; 12; 11; 10; 9; 8; 7; 6; 5; $4^1/_2$ и 4.

На каждой пластине указана величина шага или количество ниток на дюйм, а на накладке обоймы обозначена резьба метрическая (60°) или дюймовая (55°), т. е. М60° или Д55°. Пластины поочередно прикладывают к проверяемой резьбе до тех пор, пока резьба пластины точно (без просветов) не совпадет с резьбой детали.

Радиусные шаблоны (ГОСТ 4126—66) служат для проверки радиусов выпуклых и вогнутых поверхностей от 1 до 25 *мм*. Основные размеры шаблонов комплектуются в наборы: в наборе № 1 девять выпуклых и девять вогнутых шаблонов с радиусами: 1; 1,2; 1,6; 2; 2,5; 3; 4; 5; 6. В наборе № 2 шесть шаблонов вогнутых и шесть выпуклых с радиусами: 8; 10; 12; 16; 20; 25. В наборе № 3 по 12 выпуклых и вогнутых шаблонов с размерами: 7; 8; 9; 10; 11; 12; 14; 16; 18; 20; 22; 25.

Шаблоны (рис. 75, *а*) в наборах располагаются в порядке нарастания измерительного радиуса. Толщина пластин во всех наборах — 0,6 *мм*, а ширина в наборе № 1 — 12 *мм*, а в наборах № 2 и № 3—20 *мм*.

Величина радиуса закруглений определяется совпадением того или другого шаблона с проверяемым профилем (на просвет — рис. 75, *б*).

Щупы (ГОСТ 882—64) представляют собой набор заключенных в обойму мерных стальных, точно обработанных пластинок (рис. 76, *а*). Щупы изготовляются 1-го и 2-го классов точности.

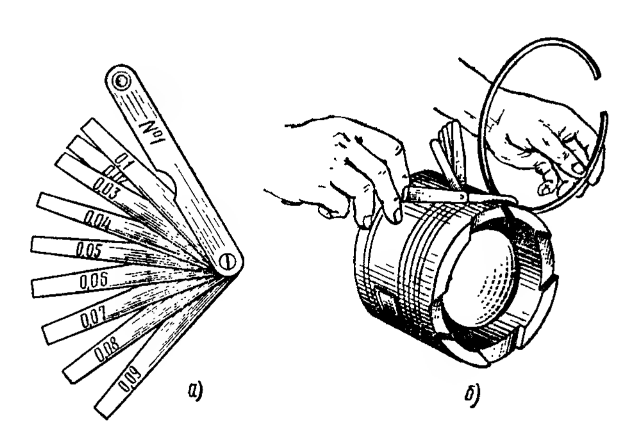


Рис. 76. Щупы в обойме (*а*), проверка зазоров щупом (*б*)

Щупы длиной 100 *мм* изготовляются наборами и отдельными пластинами, а щупы длиной 200 *мм* — отдельными пластинами. Точность определения величины зазора 0,01 *мм*.

Изготовляются четыре набора: набор № 1 — девять щупов с толщиной 0,02; 0,03; 0,04; 0,05; 0,06; 0,07; 0,08; 0,09; 0,1 *мм*. В наборе № 2 семнадцать щупов толщиной: 0,02; 0,03; 0,04; 0,05; 0,06; 0,07; 0,08; 0,09; 0,1; 0,15; 0,2; 0,25; 0,3; 0,35; 0,4; 0,45; 0,5 *мм*. В наборе № 3 десять щупов: 0,55; 0,6; 0,65; 0,7; 0,75; 0,8; 0,85; 0,9; 0,95; 1 *мм*. В наборе № 4 десять пластин с толщиной 0,1; 0,2; 0,3; 0,4; 0,5; 0,6; 0,7; 0,8; 0,9; 1 *мм*.

Щупы применяются для проверки величины зазоров между поверхностями детали или сопряженными деталями (рис. 76, *б*). Можно использовать как одну, так и несколько сложенных вместе пластинок.

§ 48. СПЕЦИАЛЬНЫЕ ИНСТРУМЕНТЫ

Наряду с измерительными инструментами, предназначенными для проверки размеров деталей, применяются инструменты для определения чисел оборотов в единицу времени деталей машин,

прослушивания шума в машинах во время работы и т. д. К таким инструментам относятся тахометры и стетоскопы.

Тахометры (ГОСТ 13082—67). Для измерения чисел оборотов шпинделей, валов и других вращающихся деталей (при испытании и сборке машин) используют тахометры. Выступающий шпиндель тахометра с резиновым наконечником прижимают к центровому отверстию вращающейся детали; число оборотов в минуту читается непосредственно против указателя на шкале прибора. Острый наконечник можно заменять роликом определенного диаметра, который прижимается к цилиндрической поверхности вращающейся детали. В этом случае на шкале прибора указывается окружная скорость вращения. Зная диаметр детали в месте измерения, определяют число оборотов в минуту по формуле

$$n = \frac{1000v}{\pi D} \text{ об/мин},$$

где n — число оборотов в минуту;

D — диаметр вращающейся детали, *мм*;

$\pi = 3{,}14$;

v — скорость, *м/мин*.

Существует много принципиальных разновидностей тахометров (центробежные, магнитные, с часовым регулятором).

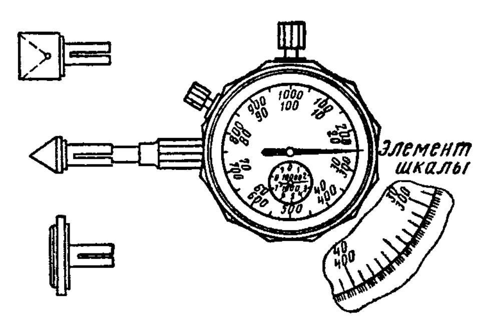


Рис. 77. Тахометр с часовым регулятором

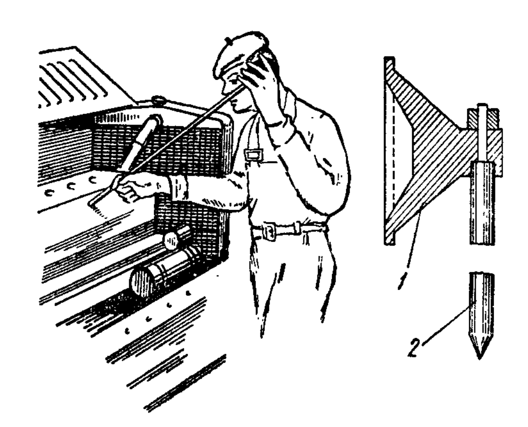


Рис. 78. Стержневой стетоскоп

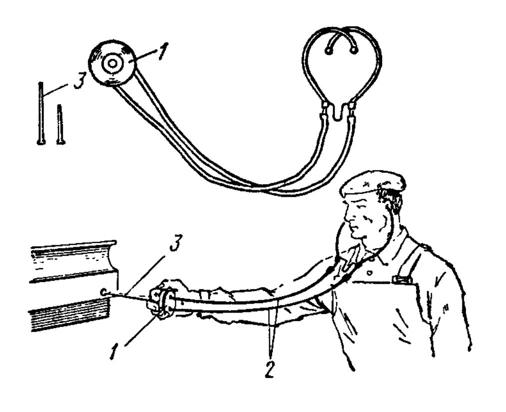


Рис. 79. Мембранный стетоскоп:
1 — коробка, 2 — трубки, 3 — стержень

Тахометры с часовым регулятором являются сочетанием счетчика оборотов с секундомером (рис. 77). Первый ряд цифр на шкале соответствует измерениям чисел оборотов в минуту, а второй со значениями в десять раз меньшими — измерениям линейных скоростей в метрах в минуту, которые получаются при пользовании дисковым наконечником. Прибором можно измерять скорости до 10 000 *об/мин* и более.

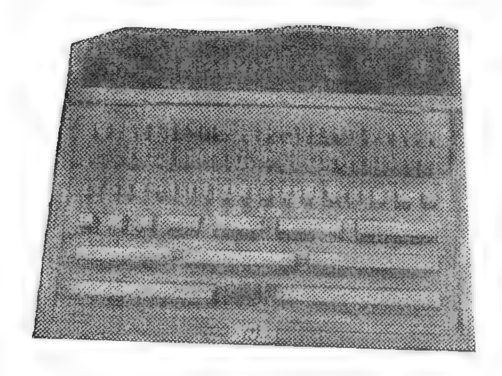
Стетоскопы. Эти приборы применяются для определения на слух неисправностей в механизмах, машинах (зубчатых колесах, подшипниках, клапанах). Существуют стержневые и мембранные стетоскопы.

Стержневой стетоскоп (рис. 78) состоит из пластмассового наушника *1* и металлического звукопроводящего составного стержня *2*.

Мембранный стетоскоп (рис. 79) состоит из коробки *1*, внутри которой находится чувствительная пластина — мембрана, слуховых гибких трубок *2* и наконечника звукопроводящего стержня *3*. Это более совершенная конструкция.

§ 49. ПЛОСКОПАРАЛЛЕЛЬНЫЕ КОНЦЕВЫЕ МЕРЫ ДЛИНЫ. КАЛИБРЫ

Плоскопараллельные концевые меры длины являются одним из распространенных средств измерения, особенно в инструментальном производстве для проверки измерительных инструментов — микрометров, штангенциркулей, калибров-скоб и др., а также для точных измерений при разметке деталей.



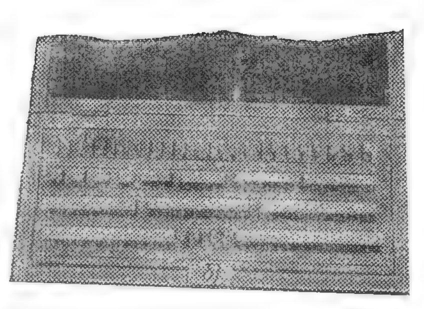


Рис. 80. Плоскопараллельные концевые меры длины:
а — набор № 1, *б* — набор № 2

Они несравненно точнее нониусного инструмента и служат как для абсолютных измерений с точностью до одного микрона (0,001 *мм*), так и для менее точных относительных измерений, где они используются в качестве эталонов. Концевые меры изготовляются из легированной инструментальной стали Х, ХГ в виде брусков прямоугольного сечения, противоположные стороны которых служат измерительными плоскостями, а расстояние между ними —

измерительным размером. Плоскопараллельные концевые меры длины изготовляются наборами, широко распространенными из которых являются набор № 1, состоящий из 87 мер (рис. 80, *а*), и № 2, состоящий из 42 мер (рис. 80, *б*).

Кроме наборов № 1 и 2, существуют наборы № 3 — из 116 мер; № 4, 5, 6, 7 и 8 — из 10 мер каждый; № 9 — из 12 мер; № 10 — из 20 мер; № 11 — из 43 мер; № 12 — из 23 мер; № 13 — из 20 мер; № 14 — из 7 мер; № 15 — из 4 мер (из твердых сплавов).

Исправные и чистые плитки при составлении из них блока должны прилегать одна к другой, «слипаться», т. е. притираться поверочными плоскостями (рис. 81, *в*).

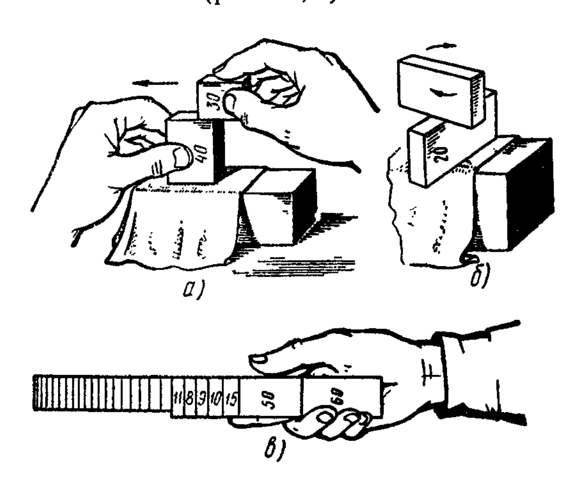


Рис. 81. Наложение плиток:
а — перемещением, *б* — притиранием, *в* — блок плиток

Притирку осуществляют следующим образом. Взяв концевую меру за боковые плоскости (рис. 81, *а*), накладывают ее на притираемую плитку или блок так, чтобы измерительные плоскости совмещались примерно на половину их длины. Затем, слегка нажимая на верхнюю плитку, надвигают ее на нижнюю до полного контакта измерительных поверхностей. Если после этого концевые меры не разъединяются, то плитки считаются притертыми.

Концевые меры или блок концевых мер более 5,5 *мм* можно притирать так (рис. 81, *б*): притираемые меры накладывают друг на друга крестообразно и, слегка нажимая, поворачивают одну относительно другой до тех пор, пока измерительные плоскости плиток не совпадут.

Перед составлением блока на бумаге делают необходимые расчеты, а затем собирают. При наборе необходимого размера используют меньшее число плиток. Прежде всего выбирают плитки с меньшими размерами, а затем переходят к плиткам с большими размерами. При выборе плиток исходят из последнего десятичного знака набираемого размера, тогда подбор остальных плиток

упрощается. Например, необходимо набрать плитки в размер 28,835 *мм*. Используя набор плиток в 87 шт., подбирают следующие плитки (*мм*): первая — 1,005, вторая — 1,23, третья — 1,6, четвертая — 5,0, пятая — 20,0, итого 28,835.

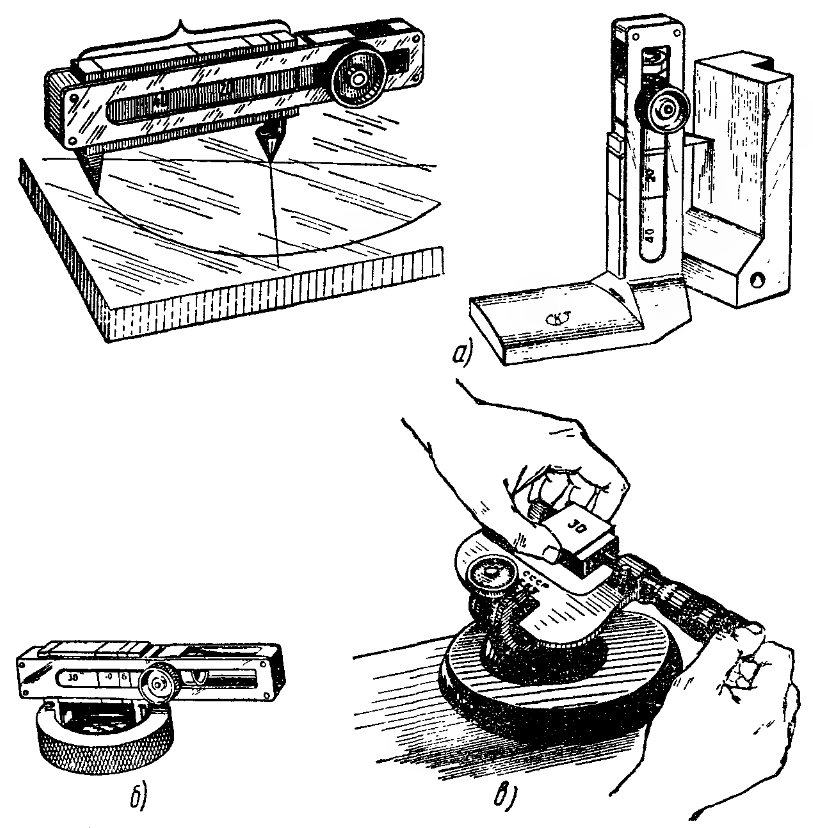


Рис. 82. Использование плоскопараллельных концевых мер длины (плиток):
а — для разметки окружности и нанесения горизонтальных линий, *б* — для измерения внутренних диаметров, *в* — для контроля точности показаний микрометра

Для различных измерительных, разметочных, слесарных и станочных работ, которые выполняются при помощи плиток, применяют наборы различных принадлежностей к плиткам, в которые входят державки для разных пределов измерения, основание, различные боковики, трехгранная лекальная линейка, стяжки для крепления блоков и зажимные сухари для крепления стяжками блоков с боковиками.

Применение принадлежностей в сочетании с плитками для разметки показано на рис. 82, *а*, для измерения внутреннего диаметра — на рис. 82, *б*, для проверки точности показаний микрометра — на рис. 82, *в*.

Угловые мерные плитки применяются для точного измерения углов, проверки угловых шаблонов. Плитки представляют собой прямые призмы с различными размерами рабочих углов.

Угловые мерные плитки изготовляются в виде наборов (рис. 83, *а*), которые собираются в соответствующие блоки для измерения угла и скрепляются в специальных рамках-держателях (рис. 83, *б*).

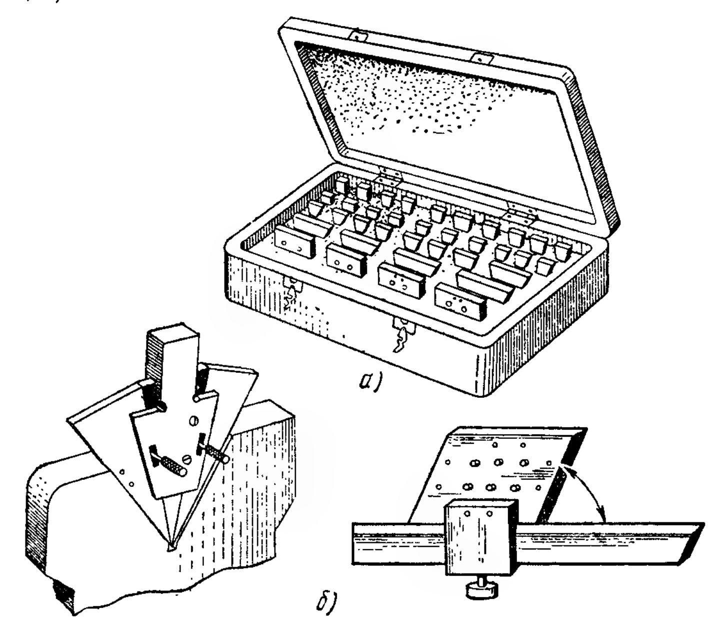


Рис. 83. Угловые мерные плитки:
а — набор, *б* — скрепление в рамках и применение

Правила обращения с плоскопараллельными концевыми мерами длины:

необходимо предохранять плитки от коррозии и механических повреждений. Поврежденные поверхности плиток теряют способность притираться одна к другой, плитки становятся негодными к употреблению;

не следует брать плитки грязными или потными руками, руки должны быть тщательно вымыты и насухо вытерты; плитку надо брать специальными щипцами;

во время работы плитки необходимо класть только на деревянный подносик, покрытый чистой бумагой или замшей;

по окончании работы плитки нужно промыть в бензине, протереть чистыми тряпками насухо, смазать бескислотным вазелином и уложить в порядке размеров, указанных в ячейках футляра. При смазке и укладке плитки следует держать за нерабочие поверхности пальцами, смазанными вазелином.

Калибры. В массовом производстве диаметры сопрягаемых поверхностей, как правило, проверяют методом сравнения предельными калибрами (скобами и пробками), имеющими определенный размер, обозначенный на калибре. Калибры-скобы применяют для проверки валов, а калибры-пробки — для проверки отверстий. Конические отверстия проверяют коническими калибрами-пробками. Для проверки наружной резьбы применяют резьбовые кольца или резьбовые скобы, а для проверки внутренней резьбы — резьбовые калибры.

§ 50. РЫЧАЖНО-МЕХАНИЧЕСКИЕ ПРИБОРЫ

Принцип действия рычажно-механических приборов (инструментов) основан на использовании специального передаточного механизма, который преобразует незначительные перемещения измерительного стержня в увеличенные и удобные для отсчета перемещения стрелки по шкале. К наиболее известным в практике типам рычажно-механических приборов относятся индикаторы, рычажные скобы, рычажные микрометры и миниметры. Ниже рассмотрены наиболее часто применяемые в слесарной практике рычажно-механические приборы.

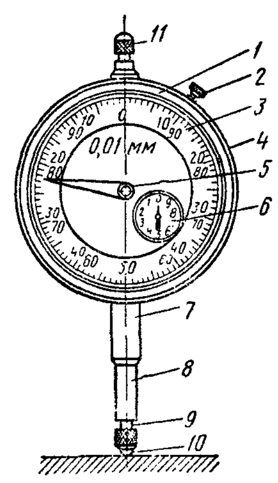


Рис. 84. Индикатор часового типа:

1 — корпус, *2* — стопор, *3* — циферблат, *4* — ободок, *5* — стрелка, *6* — указатель, *7* — гильза, *8* — измерительный стержень, *9* — наконечник, *10* — рабочий конец (шарик), *11* — головка

Индикаторы предназначаются для относительного, или сравнительного, измерения и проверки отклонений от формы, размеров, а также взаимного расположения поверхностей детали. Этими инструментами проверяют горизонтальность и вертикальность положения плоскостей отдельных деталей (столов, станков и т. п.), а также овальность, конусность валов, цилиндров и др. Кроме того, индикаторами проверяют биение зубчатых колес, шкивов, шпинделей и других вращающихся деталей.

Индикаторы (ГОСТ 577—68) бывают часового и рычажного типов; шире применяются индикаторы часового типа, которые в сочетании с нутромерами, глубиномерами и другими инструментами используются для измерения внутренних и наружных размеров, параллельности, плоскостности и т. д.

Конструкция индикатора часового типа с зубчатой передачей с ценой деления 0,01 *мм* изготовляются двух типов: ИЧ — с перемещением измерительного стержня параллельно шкале; ИТ — торцовые с перемещением измерительного стержня перпендикулярно шкале.

Индикаторы типа ИЧ изготовляются следующих типоразмеров: с пределами измерений 0—2, 0—5 и 0—10 *мм* (рис. 84).

Индикаторы типа ИТ изготовляются с пределами измерений 0—2 *мм*.

Широко применяемый индикатор ИЧ (часового) типа (см. рис. 84) имеет металлический корпус *1* в форме часов, в котором заключен механизм прибора. Через корпус индикатора проходит измерительный стержень *8* с выступающим наружу наконечником *9*, всегда находящимся под воздействием пружины. Если нажать на стержень снизу вверх, он переместится в осевом направлении и при этом повернет стрелку *5*, которая передвинется по циферблату, имеющему шкалу в 100 делений, каждое из которых соответствует перемещению стержня на 1/100 *мм*. При перемещении стержня на 1 *мм* стрелка *5* сделает по циферблату полный оборот. Для отсчета целых оборотов служит стрелка указателя *6*.

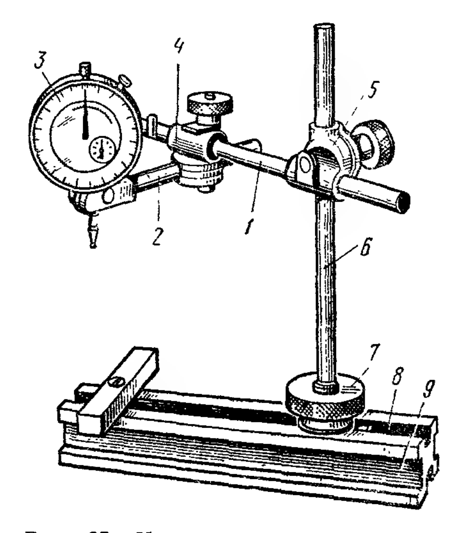


Рис. 85. Универсальная индикаторная стойка:

1, 2 — стержни, *3* — индикатор, *4, 5* — муфты, *6* — вертикальный стержень, *7* — гайка, *8* — паз, *9* — призма

При измерениях индикатор должен быть закреплен жестко относительно исходной измеряемой поверхности.

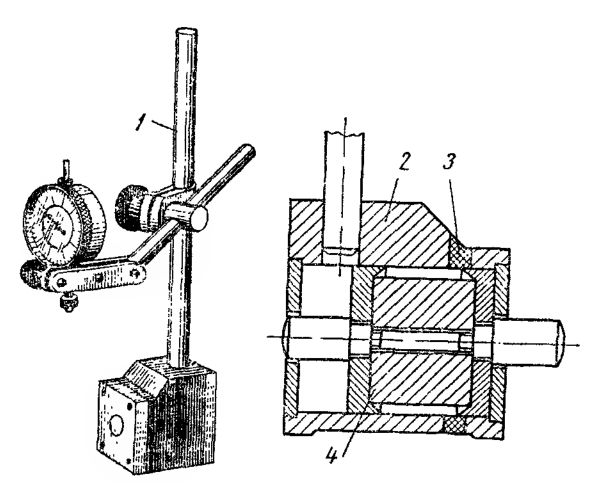
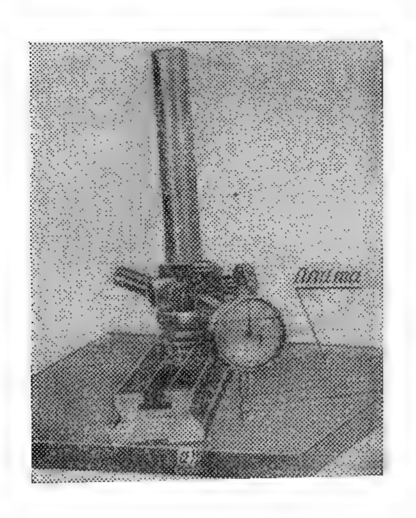


Рис. 86. Индикаторная стойка с магнитным основанием:

1 — стойка, *2* — стальные части, *3* — латунная прокладка, *4* — постоянный магнит

На рис. 85 изображена универсальная стойка для крепления индикатора. Индикатор *3* при помощи стержней *1* и *2*, муфт 4 и *5* закрепляется на вертикальном стержне *6*, укрепленном в пазу *8* призмы *9* гайкой *7* с накаткой. При помощи муфт индикатор может быть установлен в любом положении и под разными углами.

На рис. 86 показана изготовленная заводом «Красный инструментальщик» индикаторная стойка с магнитным



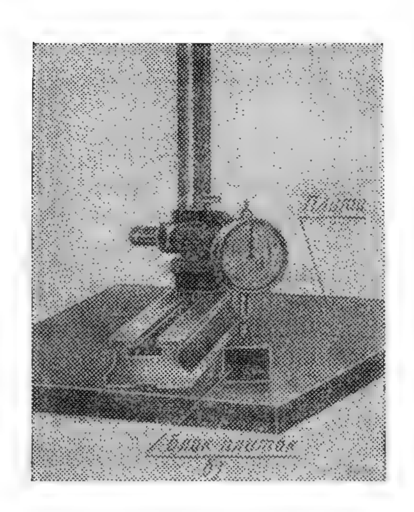


Рис. 87. Установка индикатора в начальное положение: *а* — соприкосновением с поверхностью стола, *б* — с поверхностью установочной меры

основанием, предназначенная для установки индикатора часового типа в исследуемой части станка или прибора с целью выполнения необходимых измерений. Стойка *1* посредством встроенного в нее основания постоянного магнита *4* притягивается к стальным и чугунным деталям, что позволяет устанавливать ее на наклонных и вертикальных плоскостях, а также на цилиндрических поверхностях без дополнительного крепления.

Основание состоит из двух стальных частей *2*, разделенных латунной прокладкой *3*. Магнит может перемещаться в корпусе и занимать два положения: крайнее правое положение соответствует включению стойки, при этом силовые линии замыкаются через деталь, на которой стойка установлена; крайнее левое положение соответствует выключению стойки, при этом силовые линии замыкаются через стальной корпус стойки. Сила притяжения стойки к плоскости не менее 14—17 *кГ*, пределы измерения по высоте 0—200 *мм*. При абсолютном (рис. 87, *а*) или относительном (рис. 87, *б*) измерении показание индикатора приводят в некоторое начальное положение. При измерении относительным методом закрепленный на стойке индикатор настраивают по блоку плоско-

параллельных концевых мер. Для этого измерительный наконечник *9* (см. рис. 84) со съемным шариком *10* (он имеет форму проверяемой поверхности) приводят в соприкосновение с поверхностью стола—плиты (см. рис. 87, *а*) или установочной меры (см. рис. 87, *б*). Индикатор подводят так, чтобы стрелка его сделала

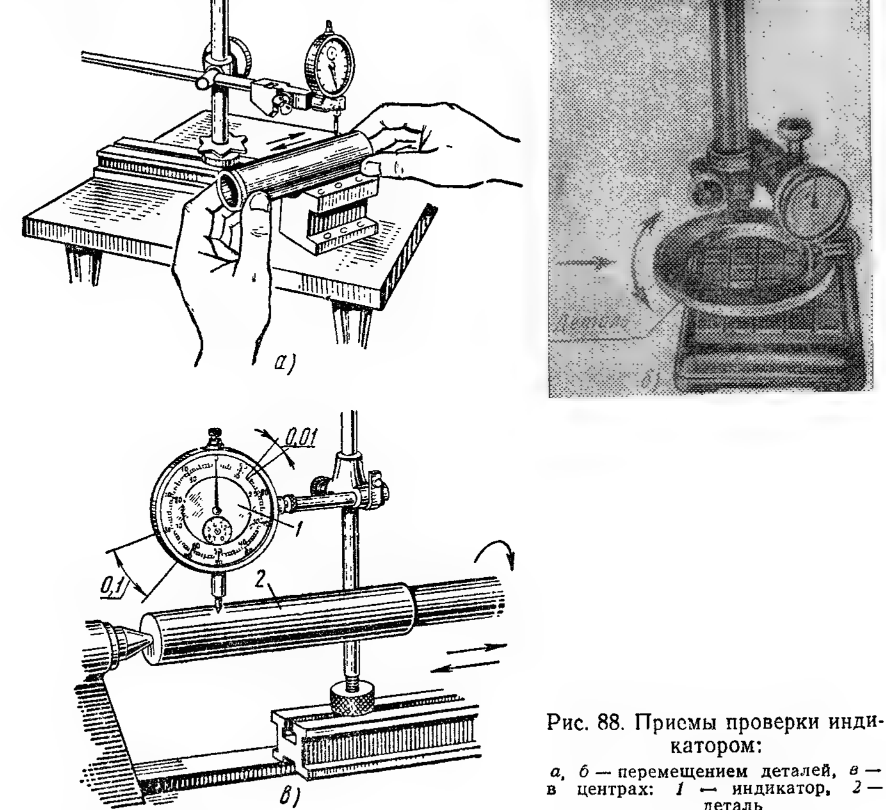


Рис. 88. Приемы проверки индикатором:

а, б — перемещением деталей, *в* — в центрах: *1* — индикатор, *2* — деталь

один-два оборота. Таким образом, стержню индикатора дается натяг, чтобы в процессе измерения индикатор мог показать как отрицательные, так и положительные отклонения от начального положения установочной меры. Стрелка при этом устанавливается против какого-либо деления шкалы. Дальнейшие отсчеты ведут от этого показания стрелки, как от начального. Для облегчения отсчетов индикатор устанавливают на нуль поворотом циферблата *3* (см. рис. 84) за рифленый ободок *4* или поворотом головки *11* (при неподвижном циферблате). Установку ободка относительно стрелки фиксируют стопором *2*.

Для измерения отклонения от заданного размера к детали подводят наконечник индикатора до соприкосновения с измеряемой поверхностью и замечают начальное показание стрелки *5* и

указателя *6* на циферблате. Затем перемещают индикатор относительно измеряемой поверхности или измеряемую поверхность относительно индикатора (рис. 88, *а*, *б*).

Отклонение стрелки *5* (см. рис. 84) от начального положения покажет величину отклонения в сотых долях миллиметра, а отклонение стрелки указателя *6* — в целых миллиметрах. Для более точной проверки деталь *2* устанавливают в центрах (рис. 88, *в*) или других приспособлениях.

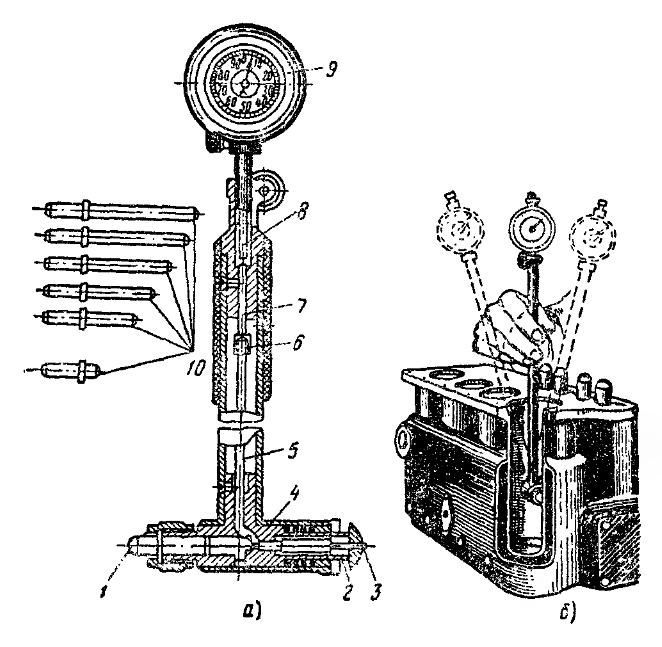


Рис. 89. Индикаторный нутромер:

а — устройство, *б* — прием измерения: *1*, *3* — измерительные стержни, *2* — направляющая втулка, *4* — корпус, *5* — толкатель, *6* — шток, *7* — трубка, *8* — наконечник, *9* — индикатор, *10* — сменные стержни

Индикаторные нутромеры (ГОСТ 868—63) предназначены для внутренних измерений деталей. Пределы измерения индикаторными нутромерами: 6—10; 10—18; 18—35; 35—50; 50—100; 100—160; 160—250; 250—450; 450—700 и 700—1000 *мм*. Глубина измерений соответственно не менее 100, 130, 135, 150, 200, 300, 400 и 500 *мм*. Для пределов измерения 450—700 и 700—1000 *мм* глубина измерения не ограничена.

Индикаторный нутромер (рис. 89, *а*) имеет корпус *4*, в который вставлена направляющая втулка *2*. С одной стороны втулки помещен неподвижный измерительный стержень *1*, а с другой — подвижный измерительный стержень *3*.

В процессе измерения стержень *3* перемещается, и его движение через толкатель *5* передается установленному в трубке *7* вер-

тикальному штоку *6*, к которому прижимается наконечник *8* индикатора *9*. Прибор снабжается комплексом сменных неподвижных стержней *10*.

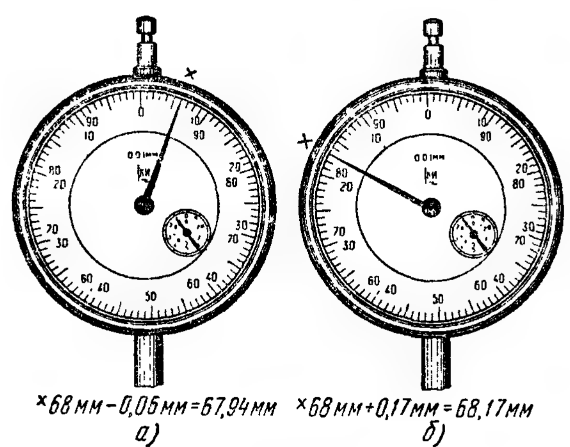


Рис. 90. Примеры отсчета на индикаторном нутромере:
а — положительное отклонение, *б* — отрицательное отклонение

При измерении, в зависимости от размера проверяемой детали, нутромер ориентировочно настраивают по микрометру, блоку плоскопараллельных концевых мер или установочному кольцу, устанавливают показание на нуль поворачиванием ободка нутромера

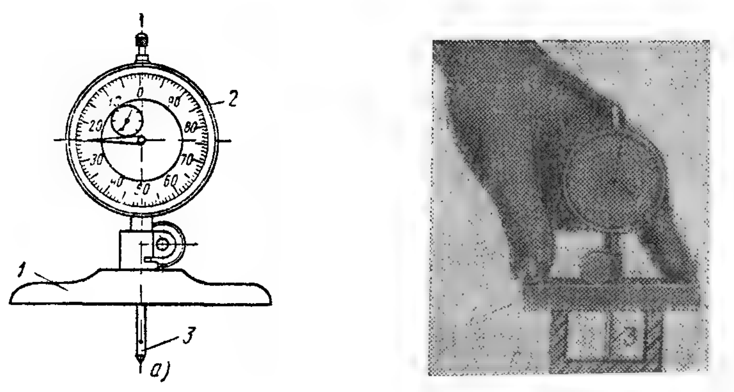


Рис. 91. Индикаторный глубиномер:
а — устройство, *б* — прием проверки; *1* — основание, *2* — индикатор, *3* — измерительный стержень

до совпадения большой стрелки с нулевым штрихом циферблата. Затем положение неподвижного измерительного стержня фиксируют гайкой.

Настроенный нутромер правой рукой берут за трубку и вводят в измеряемое отверстие и небольшим покачиванием (рис. 89, *б*) определяют отклонение от размера, на который был установлен индикаторный нутромер. Допустим, что нутромер был настроен на размер 68 *мм* (рис. 90, *а*). Положительные отклонения (0,06), полученные при прямом ходе, отнимают (рис. 90, *а*), а отрицательные (0,17) прибавляют (рис. 90, *б*).

Индикаторные глубиномеры (ГОСТ 16209—70) с ценой деления 0,01 *мм* (рис. 91, *а*) предназначены для измерения глубины пазов, отверстий, высоты уступов и т. д. Эти приборы изготовляются с верхним пределом измерения 100 *мм*. Они снабжены набором измерительных стержней, позволяющих производить измерения от 0—10; 10—20; 20—30; 30—40; 40—50; 50—60; 60—70; 70—80; 80—90 и до 90—100 *мм*.

Измерительные стержни выбирают в зависимости от проверяемого размера и устанавливают в глубиномере. Затем устанавливают индикаторный глубиномер на нуль вращением ободка до совпадения большой стрелки с нулевым штрихом циферблата. При измерении левой рукой слегка нажимают основание *1* (рис. 91, *б*) глубиномера, а правой рукой опускают измерительный стержень *3* и после его прикосновения ко дну проверяемой детали определяют отклонение. Отсчет производится так же, как у индикаторных нутромеров: положительное отклонение, полученное при прямом ходе, отнимают от размера, по которому была произведена установка глубиномера, а отрицательное прибавляют.

§ 51. СРЕДСТВА КОНТРОЛЯ ПЛОСКОСТНОСТИ, ПРЯМОЛИНЕЙНОСТИ И РАСПОЛОЖЕНИЯ ПОВЕРХНОСТЕЙ

Для контроля прямолинейности, плоскостности и взаимного расположения поверхностей применяют поверочные линейки и плиты.

Поверочные линейки разделяются на два основных типа: лекальные и линейки с широкими рабочими поверхностями.

Лекальные линейки изготовляются трех типов: с двусторонним скосом (ЛД) длиной 80, 125, 200, 320 *мм*; трехгранные

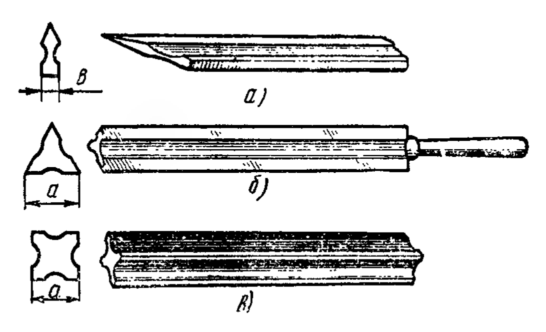


Рис. 92. Линейки лекальные:
а — ЛД — с двусторонним скосом, *б* — ЛТ — трехгранные, *в* — ЛЧ — четырехгранные

(ЛТ) — 200 и 300 *мм* и четырехгранные (ЛЧ) — 200 и 320 *мм* (рис. 92). Проверка прямолинейности лекальными линейками производится по способу световой щели (на просвет) или по способу следа. При проверке прямолинейности по способу световой щели лекальную линейку накладывают острой кромкой (рис. 93, *б*) на проверяемую поверхность, а источник света помещают сзади линейки и детали. Линейку держат строго вертикально на уровне глаз (рис. 93, *а*), наблюдая за просветом между линейкой и поверхностью в разных местах по длине линейки. Наличие просвета между линейкой и деталью свидетельствует об отклонении от прямолиней-

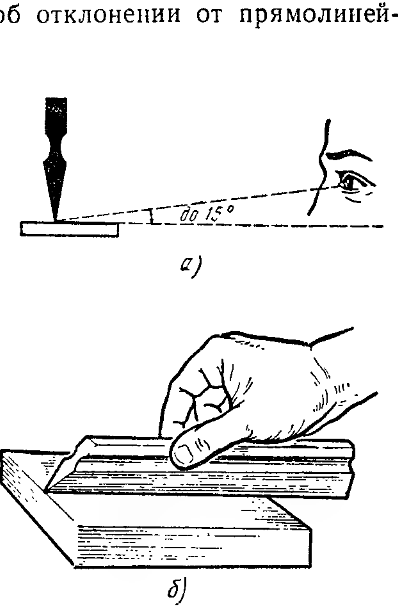


Рис. 93. Проверка лекальной линейкой по способу световой щели (на просвет):

а — положение глаза, *б* — установка линейки

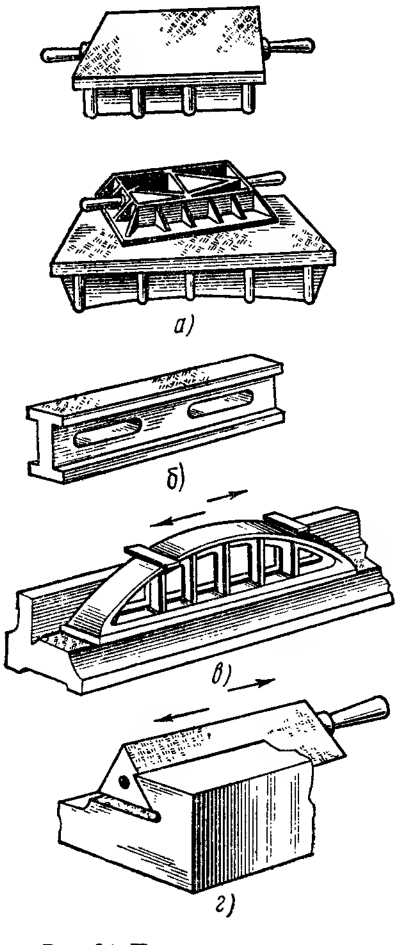


Рис. 94. Проверка на краску:

а, б — широкими плитами, *в* — поверочной линейкой, *г* — угловой линейкой

ности. При достаточном навыке такой способ контроля позволяет уловить просвет от 0,003 до 0,005 *мм* (3—5 *мк*).

При проверке способом следа рабочим ребром линейки проводят по чистой проверяемой поверхности. Если поверхность прямолинейна, на ней останется сплошной след; если нет, то след будет прерывистым.

Линейки с широкой рабочей поверхностью (ГОСТ 8026—64) изготовляются четырех типов (сечений): прямоугольные ШП (рис. 94, *а*), двутавровые ШД (рис. 94, *б*), мостики ШМ (рис. 94, *в*), угловые трехгранные УТ (рис. 94, *г*).

В зависимости от допустимых отклонений от прямолинейности линейки типов ШП, ШД и ШМ делят на три класса: 0, 1 и 2-й, а линейки типа УТ — на два класса: 1-й и 2-й. Линейки 0-го и 1-го

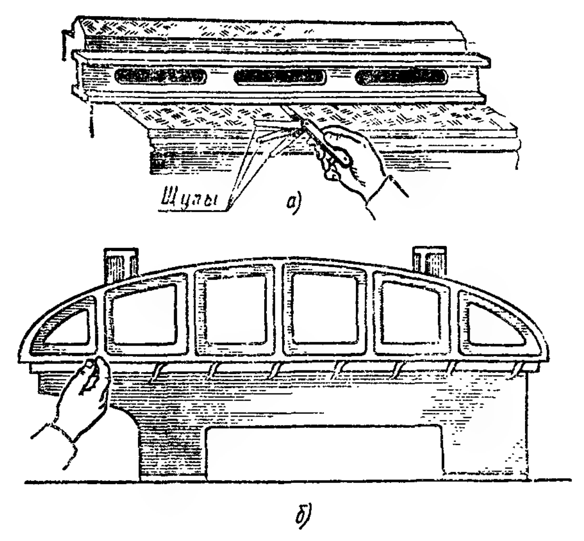


Рис. 95. Проверка прямолинейности линейками:
а — при помощи щупа, *б* — при помощи полоски бумаги

классов применяют для контрольных работ высокой точности, а линейки 2-го класса — для монтажных работ нормальной точности.

Проверка прямолинейности и плоскостности этими линейками производится по линейным отклонениям и по краске (способ пятен). При проверке по линейным отклонениям линейку укладывают на проверяемую поверхность или на две мерные плитки одинакового размера. Величину образовавшегося просвета между линейкой и контролируемой поверхностью измеряют щупом (см. рис. 95, *а*).

Точные результаты дает применение полосок папиросной бумаги, которые с определенным интервалом укладывают под линейку. Вытягивая полоску из-под линейки, по силе прижатия каждой из них судят о величине отклонения от прямолинейности (см. рис. 95, *б*).

При проверке на краску рабочую поверхность линейки покрывают тонким слоем краски (сажа, сурик), затем линейку накладывают на проверяемую поверхность и плавно без нажима перемещают по проверяемой поверхности. После этого линейку осторожно снимают и по расположению и количеству пятен на

поверхности судят о прямолинейности поверхности. При хорошей плоскостности пятна краски располагаются равномерно по всей поверхности. Чем больше пятен на поверхности квадрата 25×25 *мм*, тем выше плоскостность. Линейка с широкой рабочей поверхностью изготавливаются с углами 45, 55 и 60° (см. рис. 94, *г*).

Поверочные плиты (см. рис. 94, *а, б*) применяют главным образом для проверки широких поверхностей способом на краску, а также используют в качестве вспомогательных приспособлений при различных контрольных работах в цеховых условиях. Плиты делают из серого мелкозернистого чугуна. По точности рабочей поверхности плиты бывают четырех классов: 0, 1, 2 и 3-й; первые три класса — поверочные плиты, четвертый — разметочные. Проверка на краску при помощи поверочных плит выполняется, как описано выше.

Плиты оберегают от ударов, царапин, загрязнения, после работы тщательно вытирают, смазывают минеральным маслом, скипидаром или вазелином и накрывают деревянным щитом.

Уровни предназначены для контроля расположения поверхностей при монтаже и проверке точности станков и других видов оборудования.

Наиболее распространенными являются брусковые и рамные уровни с ценой деления от 0,02 до 0,2 *мм*. Под ценой деления уровня понимается его наклон, соответствующий перемещению пузырька основной ампулы на одно деление шкалы, выраженное в миллиметрах на 1 *м*.

Уровень представляет собой закаленную стеклянную трубку, отшлифованную внутри на определенную кривизну. Трубка наполнена жидкостью (эфиром) с таким расчетом, что остается небольшой подвижный пузырек воздуха (или паров эфира), который ввиду его малой сравнительно с жидкостью плотности всегда занимает верхнее положение в трубке. Трубка помещается в футляре. Принцип действия уровня заключается в том, что пузырек воздуха ампулы располагается в ее верхней части и при угловых отклонениях уровня остается на месте, а ампула с нанесенными на ней делениями перемещается относительно пузырька (рис. 96, *а*).

Брусковые уровни (рис. 96, *б*) (ГОСТ 9392—60) применяют для контроля отклонений от горизонтального расположения поверхностей. Металлический корпус уровня имеет длину 100, 150, 200 (250) и (500) *мм*. Уровень состоит из корпуса *1*, продольной *2* и поперечной *3* ампул.

При контроле уровень накладывают на проверяемую поверхность и, передвигая его в продольном и поперечном направлениях, определяют по шкале ампулы *2* величину отклонения от горизонтального положения.

Рамные уровни (рис. 96, *в*) предназначены для контроля горизонтального и вертикального расположения поверхностей. Длина рабочей поверхности рамных уровней 100, 150, 200, 250 и 500 *мм*.

Рамный уровень состоит из корпуса *1*, основной (продольной)

Пузырек

Уклона нет

Оси пузырька и ампулы совпадают

Уклон

Уклон

а)

3

2

1

б)

1

3

2

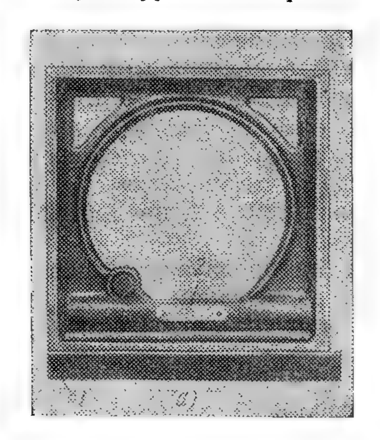
в)

Рис. 96. Уровни:

а — устройство ампулы, *б* — брусковый уровень, *в* — рамный; *1* — корпус, *2* — основание (продольная ампула), *3* — установочная (поперечная) ампула

2 и установочной *3* (поперечной) ампул. По основной шкале определяют величину и направление отклонения.

Точность уровня определяют на поверочной плите. Пузырек основной ампулы должен показывать одинаковое положение при повороте уровня в горизонтальной плоскости на 180°.



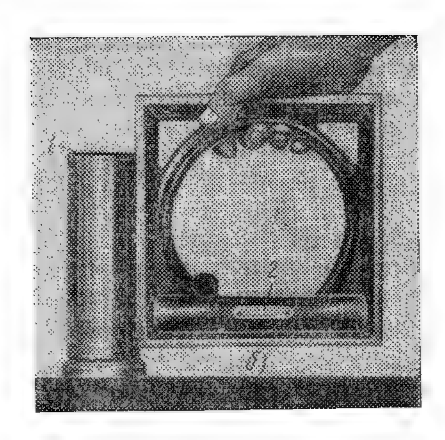
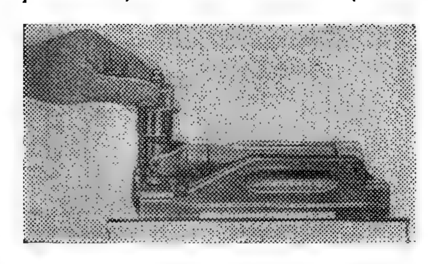


Рис. 97. Приемы проверки уровнем:

а — горизонтальных плоскостей, *б* — вертикальных плоскостей; *1* — деталь, *2* — ампула

Проверка рамным уровнем горизонтальной плоскости показана на рис. 97, *а*, а вертикальной — на рис. 97, *б*.

Микрометрические уровни (рис. 98) предназначаются для измерения уклонов плоских и цилиндрических поверхностей путем определения величины подъема (*мм*) на 1 *м*. Цена деления ампулы и микрометрического узла равна 0,1 *мм* на 1 *м*. Предел измерения уклонов в обе стороны от горизонтальности до 30 *мм* на 1 *м*.


Рис. 98. Микрометрический уровень

Малые уклоны определяют по шкале основной ампулы. Для определения больших уклонов вращением барабана устанавливают ампулу в нулевое положение (до совпадения осей пузырька и ампулы). Величину уклона определяют по шкале микрометрической головки. Каждое деление шкалы стебля, определяемое скосом барабана, соответствует уклону 5 *мм* на 1000 *мм*; каждое деление барабана (определяемое порядковым, не считая нулевого, номером штриха барабана, совпадающего с продольным штрихом стебля) соответствует уклону 0,1 *мм* на 1000 *мм*.

§ 52. ИНСТРУМЕНТЫ ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ УГЛОВ

Для измерения наружных и внутренних углов в слесарном деле применяют угольники, угломеры и угломерные плитки.

Угольники поверочные (ГОСТ 3749—65) изготовляются следующих типов: УЛ — лекальные плитки (рис. 99, *а*), УЛП — лекальные плоские (рис. 99, *б*), УЛШ — лекальные с широким основанием (рис. 99, *в*), УЛЦ — лекальные цилиндрические (рис. 99, *г*), УП — слесарные плоские (рис. 99, *д*), УШ — слесарные с широким основанием (рис. 99, *е*). Угольники изготовляются из инструментальной легированной стали X, ШХ15, а также инструментальной углеродистой стали У9А.

Угольники выпускаются четырех классов точности: 0, 1 и 2-й. Наиболее точные — угольники класса 0.

Точные угольники с фасками называются лекальными. Угольники 1-го класса точности применяют в инструментальном производстве для особо точных работ, 2-го класса — для выполнения слесарных работ повышенной точности.

Угольники с широким основанием отличаются тем, что короткая их сторона толще длинной. Таким угольником удобно определять отклонения в углах проверяемого изделия способом световой щели (на просвет) при установке изделия на поверочной плите.

Угольники **цилиндрические** применяются для этой же цели.

Для проверки прямых углов угольник накладывают на проверяемую деталь внутренней частью (рис. 100, *а*), а для проверки внутреннего угла — наружной частью (рис. 100, *б*). Наложив и

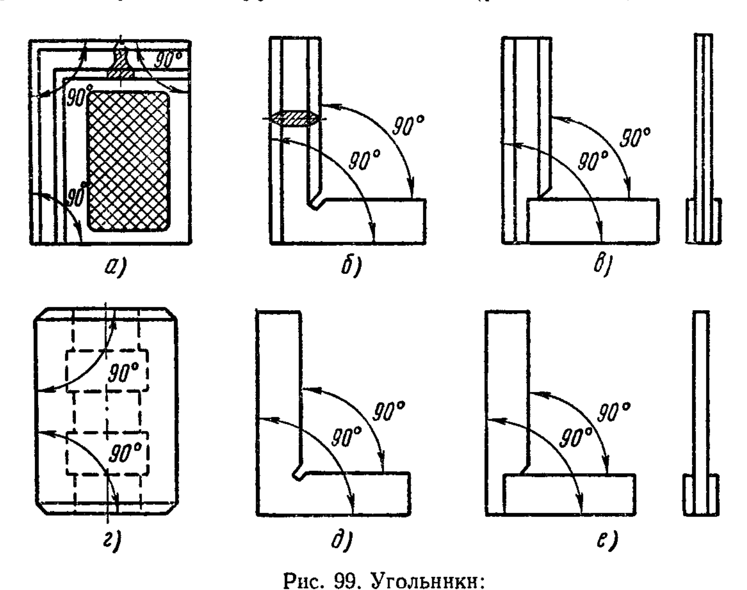


Рис. 99. Угольники:

а — УЛ — лекальные плитки, *б* — УЛП — лекальные плоские, *в* — УЛШ — лекальные с широким основанием, *г* — УЛЦ — лекальные цилиндрические, *д* — УП — слесарные плоские, *е* — УШ — слесарные с широким основанием

слегка прижимая угольник, совмещают другую сторону угольника с проверяемой стороной детали и по просвету (иногда щупом) судят о точности прямого угла. Измерение производится в нескольких местах (рис. 100, *в*).

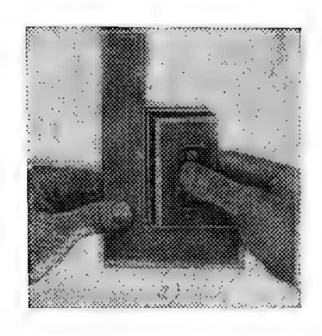
Угломеры (ГОСТ 5378—66) предназначаются для измерения углов. Изготовляются следующих типов: УН — для измерения наружных и внутренних, УМ — для измерения наружных углов.

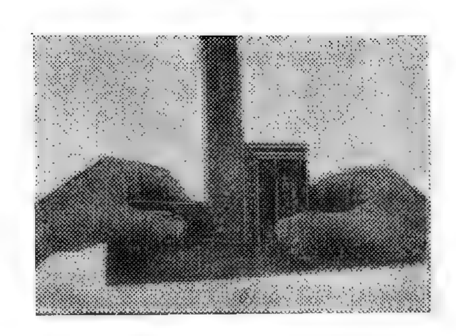
Угломер типа УМ с величиной отсчета по нониусу 2′ (2 минуты) (рис. 101, *а*) предназначен для измерения наружных углов от 0 до 180°. Угломер имеет полукруглое основание (полудиск) *5* со шкалой, соединенное со съемной линейкой *4* и подвижной линейкой *10*, вращающейся на оси *2* вместе с сектором *3*. Точность установки подвижной линейки *10* осуществляется при помощи микрометрической подачи *6* вращением гайки *7* и фиксированием стопором *9*.

На секторе *3* закреплен нониус *8*. Угол между крайними штрихами шкалы нониуса, равный 29°, разделен на 30 частей (рис. 101, *б*). Угол между соседними штрихами нониуса равен $60 \times 29 : 30 = 58'$, что на 2′ меньше 1°.

Перед применением угломер протирают и проверяют нулевое положение: нулевые штрихи основания и нониуса должны совпадать.

При совпадении штрихов нониуса и основания между измерительными поверхностями угломера не должно быть просвета. Это проверяется соединением измерительных поверхностей (рис. 101, *в*) или при помощи лекального угольника (рис. 101, *г*).





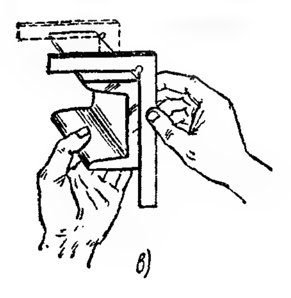


Рис. 100. Проверка углов:
а — внутренней частью угольника, *б* — наружной частью, *в* — проверка в нескольких местах

При измерении угломер накладывают на проверяемую деталь так, чтобы линейки *4* и *10* были совмещены со сторонами измеряемого угла. Прижимая слегка правой рукой деталь к измерительной поверхности линейки основания, перемещают деталь постепенно, уменьшая просвет до полного соприкосновения. После этого (если нет просвета) фиксируют положение стопором и читают показание. Целое число градусов отсчитывают по шкале основания слева направо нулевым штрихом нониуса.

После этого находят штрих нониуса, совпадающий со штрихом шкалы основания, и ближайшую к нему слева цифру нониуса. К этой цифре прибавляют результат умножения величины отсчета на порядковый номер совпадающего штриха нониуса, считая его от найденной цифры нониуса. При чтении угломер держат прямо перед глазами. Например, нулевой штрих нониуса прошел 34-е деление шкалы основания, но не дошел до 35-го, при этом со штрихом основной шкалы совпадает 20-й (не считая нулевого) штрих

шкалы нониуса. Следовательно, измеряемый угол составляет $34+20\times2=34°40'$.

Для измерения углов от 0 до 90° угломер соединяют с угольником (рис. 102, *а*), а для измерения углов от 90 до 180° угломер применяют без угольника (рис. 102, *б*) и к его показаниям прибавляют 90°.

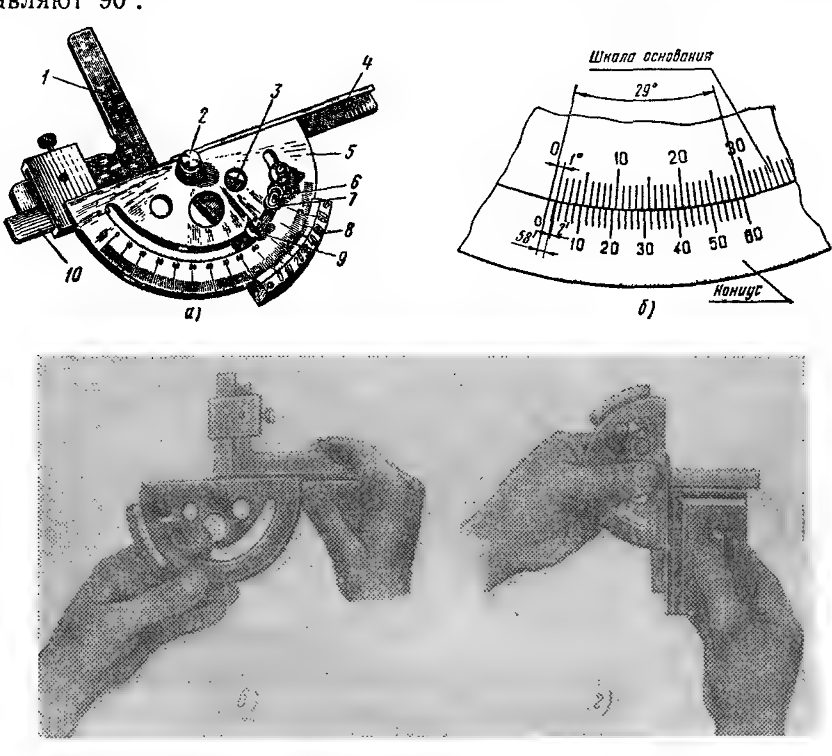


Рис. 101. Угломер УМ и его проверка:

а — общий вид, *б* — устройство нониуса; проверка нулевого положения угломера; *в* — соединением измерительных поверхностей, *г* — лекальным угольником; *1* — угольник, *2* — ось, *3* — сектор, *4* — линейка съемная, *5* — основание (полудиск) с градуированной шкалой, *6* — микрометрическая подача, *7* — гайка, *8* — нониус, *9* — стопор, *10* — линейка подвижная

Угломер типа УН с величиной отсчета по нониусу 2 и 5' (рис. 103, *а, б*) конструкции Семенова, выпускаемый заводом «Калибр», является наиболее удобным для измерения наружных углов от 0 до 180° и внутренних углов от 40 до 180°. Угломер имеет полукруглое основание *6*, на котором закреплена линейка *8* основания. Сектор *7* с нониусом *3* перемещается по основанию *6* и после установки закрепляется стопором *5*. Микрометрическая подача нониуса осуществляется вращением гайки и винта *4*. К сектору *7* при помощи державок *2* крепится угольник *1*, а к нему присоединяется съемная линейка *9*.

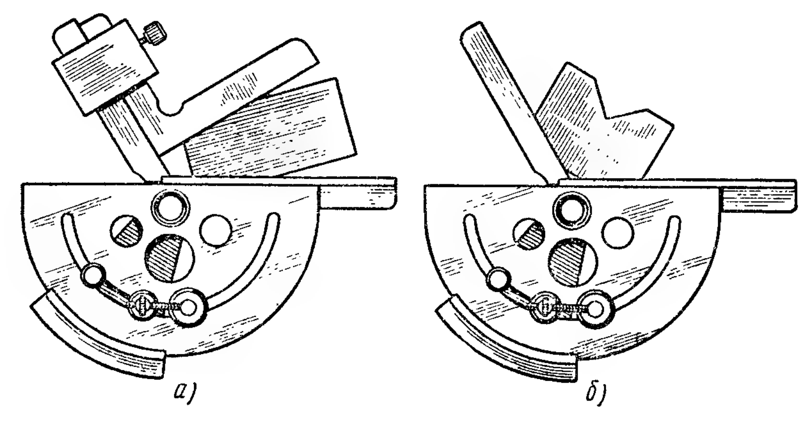


Рис. 102. Измерение углов:
а — от 0 до 90°, *б* — от 90 до 180°

У угломера типа УН, так же как и угломера УМ, угол между крайними штрихами нониуса равен 29° и разделен на 30 частей, но он в отличие от угломера УМ построен на дуге большего радиуса, следовательно, расстояние между штрихами больше, что облегчает чтение показаний (рис. 103, *б*). На дуге нанесена основная шкала для отсчета целых градусов, которая построена несколько иначе, чем у угломера УМ. Справа налево на шкале нанесены сначала деления от 50 до 90°, затем от 0 до 50°. Ниже расположены цифры, позволяющие по этой шкале производить отсчеты от 140 до 230°, а еще ниже — от 230 до 320°.

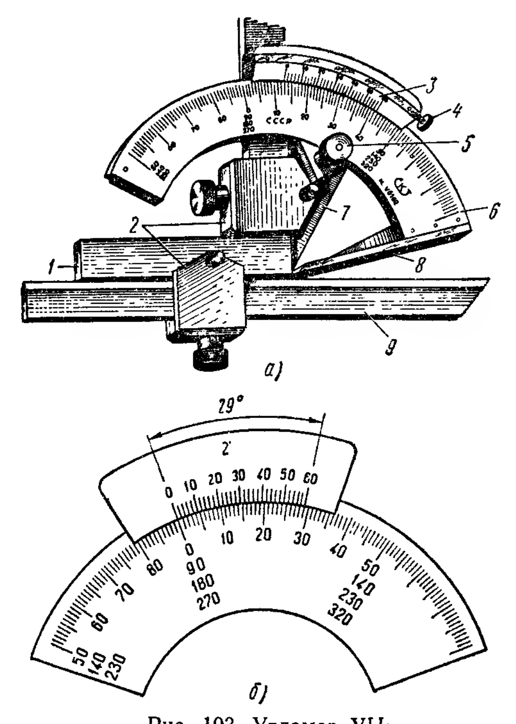


Рис. 103. Угломер УН:
а — общий вид, *б* — устройство нониуса; *1* — угольник, *2* — державки, *3* — нониус, *4* — винт нониуса, *5* — стопор, *6* — основание, *7* — сектор, *8* — линейка основания, *9* — линейка съемная

Если на угломере установлены угольник и линейка (рис. 104, *а*), то можно измерять углы от 0 до 50°. Если убрать угольник и на его месте закрепить линейку, можно измерять углы от 50 до 140° (рис. 104, *в*); если убрать линейку и оставить только угольник

(рис. 104, *б*), можно измерять углы от 140 до 230°. При отсутствии линейки и угольника (рис. 104, *г*) можно измерять углы от 230 до 320°.

Точность отсчета, полученного при измерении угловых величин или при установке заданного угла, проверяют по градусной шкале

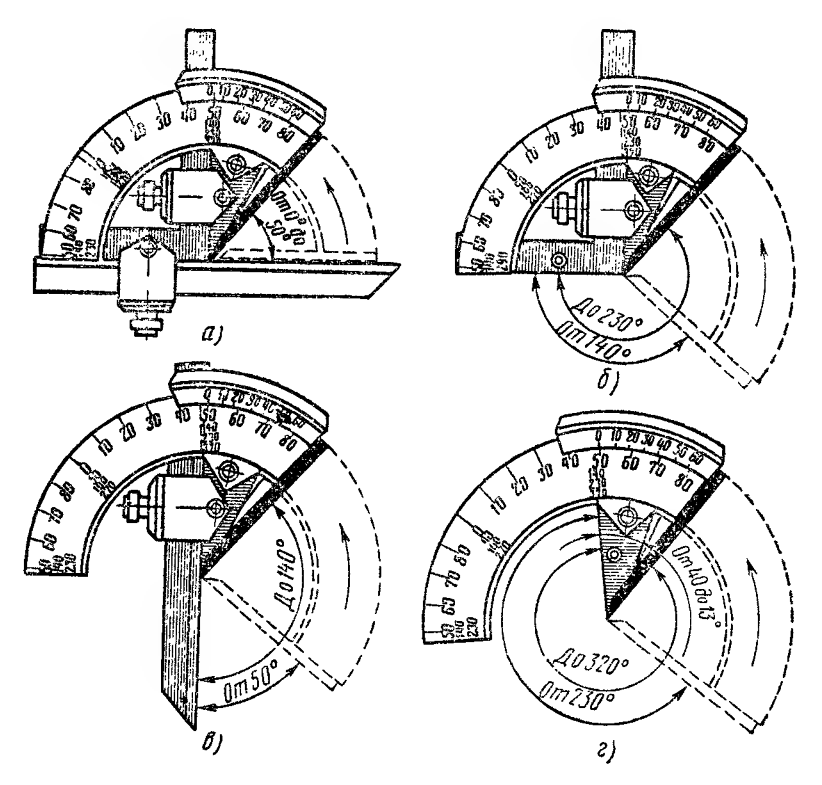


Рис. 104. Установка угломера для измерения углов:
а — от 0 до 50°, *б* — от 140 до 230°, *в* — от 50 до 140°, *г* — от 230 до 320°

и нониусу. По градусной шкале, размещенной на дуге основания, определяют, на каком целом делении (или между ними) остановилось нулевое деление нониуса, которое соответствует числу целых градусов угловой величины. По шкале нониуса определяют, какое из его делений совпало с делением градусной шкалы, по цифрам нониуса определяют число минут.

При измерении угломером типа УН наружных углов (рис. 105, *а*):

от 0 до 50° показания читают по правой части шкалы (рис. 105, *б*);

от 50 до 90° показания читают по левой части шкалы (рис. 105, *в*);

от 90 до 140° к показаниям правой части шкалы прибавляют 90° (рис. 105, *г*);

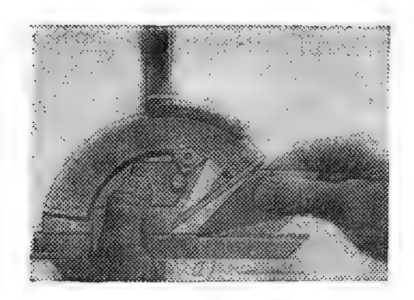
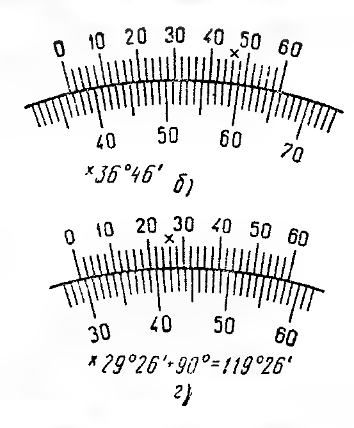
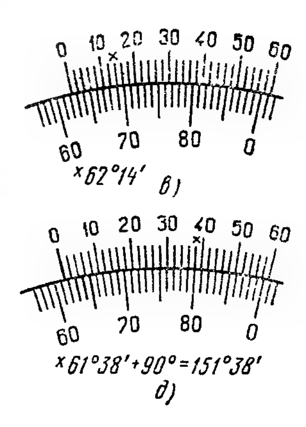


Рис. 105. Измерение наружных углов угломером типа УН:

а — прием проверки; чтение показаний: *б* — от 0 до 50°, *в* — от 50 до 90°, *г* — от 90 до 140°, *д* — от 140 до 180°





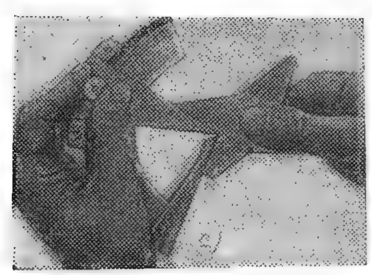
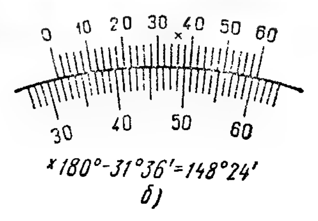
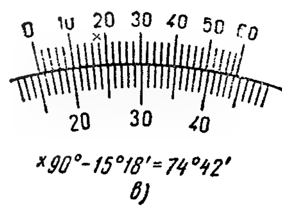
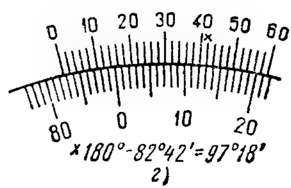


Рис. 106. Измерение внутренних углов:

а — прием проверки; чтение показаний: *б* — от 180 до 130°, *в* — от 90 до 40°, *г* — от 130 до 90°







от 140 до 180° к показаниям левой части шкалы прибавляют 90° (рис. 105, *д*).

При измерении внутренних углов (рис. 106, *а*):

от 180 до 130° показание правой части шкалы отнимают от 180° (рис. 106, *б*);

от 130 до 90° показание левой части шкалы отнимают от 180° (рис. 106, *г*);

от 90 до 40° показание правой части шкалы отнимают от 90° (рис. 106, *в*).

Глава XIV
ДОПУСКИ И ПОСАДКИ

§ 53. ТОЧНОСТЬ ОБРАБОТКИ. ШЕРОХОВАТОСТЬ ПОВЕРХНОСТИ

Точность обработки. Назначение любого вида обработки состоит в том, чтобы изготовить детали с заданной точностью. Под точностью обработки понимают соответствие размеров, формы и взаимного расположения участков обрабатываемых поверхностей заданной точности, а также чистоты обработки поверхности детали требованиям чертежа и техническим условиям.

Долговечность машин, работающих с большими скоростями и нагрузками, зависит во многом от качества поверхности трущихся деталей. Несмотря на большую точность и высокое совершенство современного металлорежущего оборудования, невозможно получить абсолютно точных размеров или формы детали в соответствии с допуском на размер, заданным чертежом. Поэтому все изготовленные детали будут иметь некоторые отклонения (погрешности).

Величина погрешностей при изготовлении деталей зависит от следующих причин:

точности станков (станки не могут быть абсолютно точными и изготовляются с определенными отклонениями);

точности изготовления и износа режущего инструмента (режущий инструмент изготовляется с допуском на точность);

температуры проверяемой детали. При повышении температуры детали размер ее будет отличаться от размера, измеренного при нормальной температуре (20° С);

исправности измерительного инструмента;

умения рабочего пользоваться измерительным инструментом.

Погрешности измерения могут быть уменьшены многократным измерением детали. Для этой цели деталь измеряют в одном и том же месте, тем же самым инструментом несколько раз. Результаты измерения складывают и делят на число измерений.

Шероховатость поверхности. При любом методе обработки металлов резанием (сверление, развертывание, строгание, опиливание, шабрение, притирка и т. д.) не получится идеально гладкая и ровная поверхность деталей, всегда останутся следы в

виде шероховатостей, впадин, надиров и другие неровности, называемые гребешками.

Даже поверхности, кажущиеся совершенно гладкими, после шабрения, притирки, доводки имеют мелкие неровности, не видимые невооруженным глазом, но отчетливо различаемые при помощи приборов.

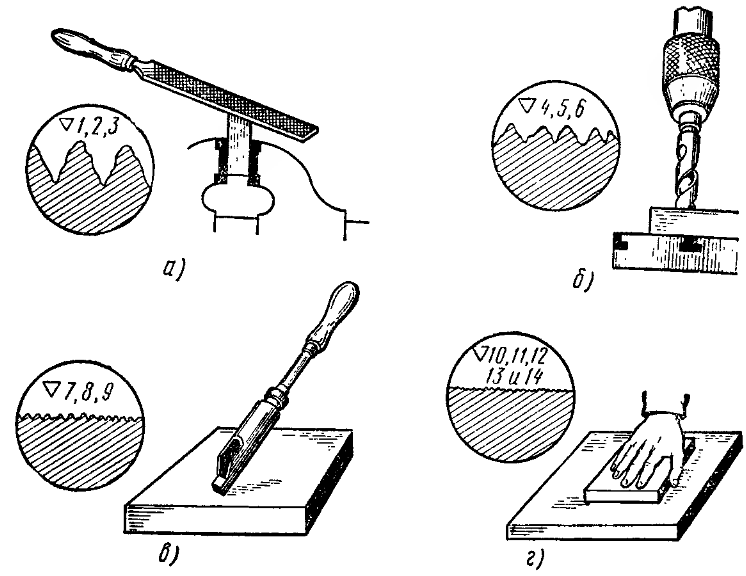


Рис. 107. Профили поверхностей различных классов чистоты по видам обработки:

а — опиливание, *б* — сверление, *в* — шабрение, *г* — притирка

Чем чище требуется обработка, тем ниже должны быть гребешки. Высота гребешков и глубина впадин (микрогеометрия) колеблются в значительных пределах — от десятых долей миллиметра до сотых долей микрона. Высота и глубина микронеровностей зависит от способа обработки, степени вязкости металла обрабатываемой детали, конструкции режущего инструмента, режима механической обработки (скорости резания, подачи и др.). При опиливании достигаются 1, 2 и 3-й классы чистоты поверхности (рис. 107, *а*), при сверлении — 4, 5 и 6-й (рис. 107, *б*), при шабрении — 7, 8 и 9-й (рис. 107, *в*), а при притирке — 10, 11, 12, 13 и 14-й классы (рис. 107, *г*). При изготовлении деталей обработку ведут с соблюдением установленных для них классов чистоты.

В СССР действует стандартная оценка шероховатости поверхности по ГОСТ 2789—59 (рис. 108). Для оценки микрогеометрии поверхности установлены два параметра: среднее арифметическое отклонение профиля R_a — среднее значение расстояний (y_1, y_2, ..., y_n) точек измеряемого профиля от его средней линии и высота неровностей R_z — среднее расстояние между находящимися

в пределах базовой длины l (длина участка поверхности, выбираемая для измерения поверхности) пятью высшими и пятью низшими точками впадин, измеренное от линии, параллельной средней линии.

Математическое значение величины R_a и R_z выражается следующими формулами:

$$R_a = \frac{y_1 + y_2 + \cdots + y_n}{n} \text{ мкм},$$

$$R_z = \frac{(h_1 + h_2 + \cdots + h_9) - (h_2 + h_4 + \cdots + h_{10})}{5} \text{ мкм}.$$

Средняя линия профиля неровностей делит профиль таким образом, что площади по обеим сторонам от этой линии равны между собой.

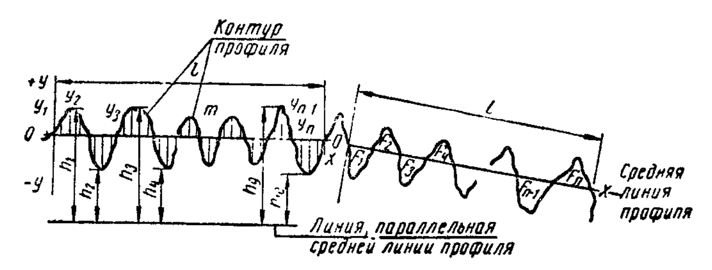


Рис. 108. Действительный профиль микронеровностей

В зависимости от величины R_a и R_z установлено 14 классов шероховатости поверхности.

Для 6—12-го классов основной является шкала R_a, а для остальных классов шероховатости — шкала R_z.

Для обозначения всех классов чистоты поверхности устанавливается один знак — равносторонний треугольник ∇, рядом с ним указывается номер класса, например: ∇6 обозначает, что эта поверхность должна иметь высоту неровностей не более 10 *мкм*, но может быть выполнена с большей степенью чистоты.

Шероховатость поверхностей грубее 1-го класса обозначается знаком √, над которым указывается высота неровностей в микронах, например: $\overset{500}{\surd}$

Чистоту обработанной поверхности определяют различными методами. Современная измерительная техника располагает различными средствами контроля микронеровностей. В зависимости от методов измерения приборы делятся на две основные группы: для непосредственного измерения чистоты поверхности и для косвенного определения чистоты поверхности.

Непосредственное измерение основано на контактном способе и осуществляется при помощи профилометра. Косвенное определение выполняют при помощи микроскопа. Этот способ является наиболее точным и применяется для контроля поверхностей высокого класса чистоты.

На рис. 109 показан электродинамический профилометр. Игла *1* с радиусом закругления до 0,015 *мм* движется по проверяемой поверхности детали *2* с постоянной скоростью. Колебание иглы передается электромагнитным способом на датчик *3*. Количественное значение непосредственно средних квадратичных отклонений определяется по шкале электроизмерительного прибора *4*. При

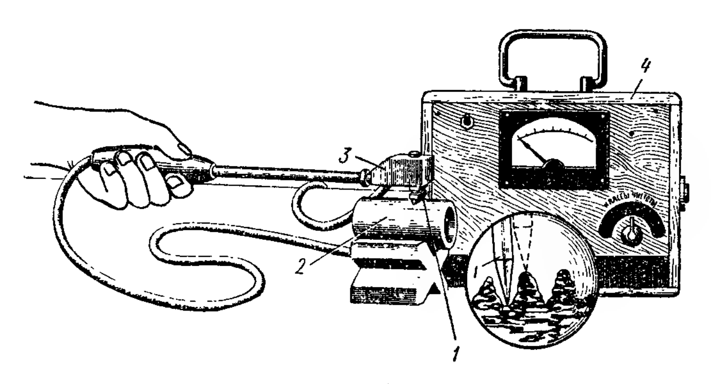


Рис. 109. Профилометр:
1 — алмазная игла, *2* — проверяемая деталь, *3* — датчик, *4* — электроизмерительный прибор

помощи электродинамического профилографа проверяют поверхности с чистотой 5—12-го классов.

Профилометры применяются главным образом в измерительных лабораториях. В производственных условиях, особенно на небольших предприятиях, где при контроле чистоты поверхностей не требуется количественной оценки микронеровностей, применяются специально изготовляемые рабочие образцы шероховатости поверхности, предназначенные для оценки шероховатости поверхности методом сравнения , визуального или осязанием, а также при помощи приборов, позволяющих производить визуальное сравнение. Данный стандарт не распространяется на образцовые детали шероховатости поверхности. Рабочие (эталонные) образцы изготовляются из тех же металлов (чугун, сталь, алюминий, бронза и т. д.), что и проверяемые детали, так как поверхности деталей, обработанные одинаковым способом и имеющие один и тот же класс чистоты,

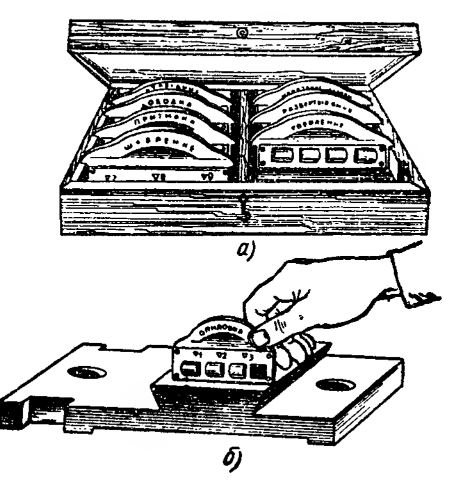


Рис. 110. Набор эталонов для проверки чистоты поверхности (*а*), прием проверки (*б*)

будут иметь разные следы обработки, если они выполнены из разных металлов.

Наборы эталонных образцов (рис. 110, *а*) хранятся в пеналах. В каждом держателе имеются четыре образцовые пластины. При проверке чистоты поверхности берут эталонные образцы соответствующей формы, изготовленные из такого же металла и обработанные таким же способом, что и проверяемая деталь, и прикладывают к проверяемой детали. Сравнивая обработанную поверхность проверяемой детали с эталонным образцом, устанавливают класс чистоты обработки (рис. 110, *б*).

Описанный способ сравнения дает правильные результаты при проверке деталей чистоты с 1-го по 7-й класс. Недостатком является субъективность оценки. Для снижения утомляемости глаз при сличении двух поверхностей с шероховатостью не выше 7—10-го классов, а также для усиления возможности человеческого глаза пользуются лупой. При этом способе необходимо иметь большое количество образцов, различных по форме, материалам, способу обработки; кроме того, образцы необходимо предохранять от коррозии, резко снижающей их точность.

§ 54. ВЗАИМОЗАМЕНЯЕМОСТЬ ДЕТАЛЕЙ

Важнейшей предпосылкой, обеспечивающей экономичность производства и эксплуатации машин, механизмов и приборов с минимальными простоями, а также ускорение их ремонта, является взаимозаменяемость деталей.

Готовые детали, которые можно использовать без дополнительной обработки (пригонки) при сборке узла или машины, а также для замены изношенных деталей, называются взаимозаменяемыми.

Взаимозаменяемость деталей исключает необходимость трудоемкой работы по пригонке деталей при монтаже, позволяет обеспечивать высокие темпы сборки на конвейере. Кроме того, взаимозаменяемые детали в процессе обработки легко устанавливать в приспособления.

Взаимозаменяемость стала основой не только поточной сборки, но и необходимой предпосылкой комплексной механизации и автоматизации цехов и заводов. Различают взаимозаменяемость полную и неполную (ограниченную).

Полная взаимозаменяемость деталей (соответственно узлов) определяется их способностью занимать свои места в узле, механизме, машине, приборе при сборке или ремонте без какой-либо механической или ручной пригонки и после установки на место выполнять свои функции с соблюдением необходимых технических требований.

Неполная, или ограниченная, или частичная, взаимозаменяемость характеризуется частичным или групповым подбором деталей по месту, либо сортировкой по размерам и группам, либо дополнительной обработкой в процессе сборочных операций одной из деталей, входящих в комплект соединения.

Под необходимой точностью изготовления понимается такая степень соответствия формы и размеров, при которой не нарушаются правильная сборка машины и нормальная работа в ней данной детали. Иными словами, отклонения размеров должны находиться в определенных пределах, обеспечивающих взаимозаменяемость детали. Эти отклонения обусловливаются Государственными стандартами.

§ 55. НОМИНАЛЬНЫЕ, ДЕЙСТВИТЕЛЬНЫЕ И ПРЕДЕЛЬНЫЕ РАЗМЕРЫ. ПОНЯТИЕ О ДОПУСКЕ

Размеры, указываемые на чертежах, бывают номинальные и предельные (рис. 111, *а, б* — ГОСТ 7713—62).

Номинальным размером называется основной размер, определенный исходя из функционального назначения детали и служащий началом отсчета отклонений. Общий для отверстия и вала, составляющих соединение, номинальный размер называется номинальным размером соединения. Он выбирается из ряда диаметров и длин, установленных ГОСТом.

Действительным размером называется размер, полученный в результате непосредственного измерения с допустимой погрешностью.

Действительный размер годной детали должен быть не больше наибольшего и не меньше наименьшего допускаемых предельных размеров.

Предельными размерами называются два предельных значения размера, между которыми должен находиться действительный размер. Большее из них называется наибольшим предельным размером, меньшее — наименьшим предельным размером.

Понятие о допуске. Допуском размера называется разность между наибольшим и наименьшим предельным размерами. Величина допуска обозначается в десятых, сотых долях миллиметра, микронах (0,001 *мм*). Допуск указывают в виде двух отклонений от номинального: верхнего и нижнего.

Верхним предельным отклонением называется алгебраическая разность между наибольшим предельным размером и номинальным, а нижним предельным отклонением — алгебраическая разность между наименьшим предельным размером и номинальным.

Отклонение может быть положительным, если предельный размер больше номинального, и отрицательным, если предельный размер меньше номинального.

Правильный выбор допуска имеет решающее значение для экономичности изготовления детали. Чем меньше допуск, тем сложнее изготовление деталей, выше стоимость станков и инструментов для их обработки и контроля. Выбирают такие допуски, которые обеспечивают надежную работу детали.

При графическом изображении допусков и посадок пользуются нулевой линией.

Нулевой линией называется линия, соответствующая номинальному размеру, от которой откладываются отклонения размеров при графическом изображении допусков и посадок (см.

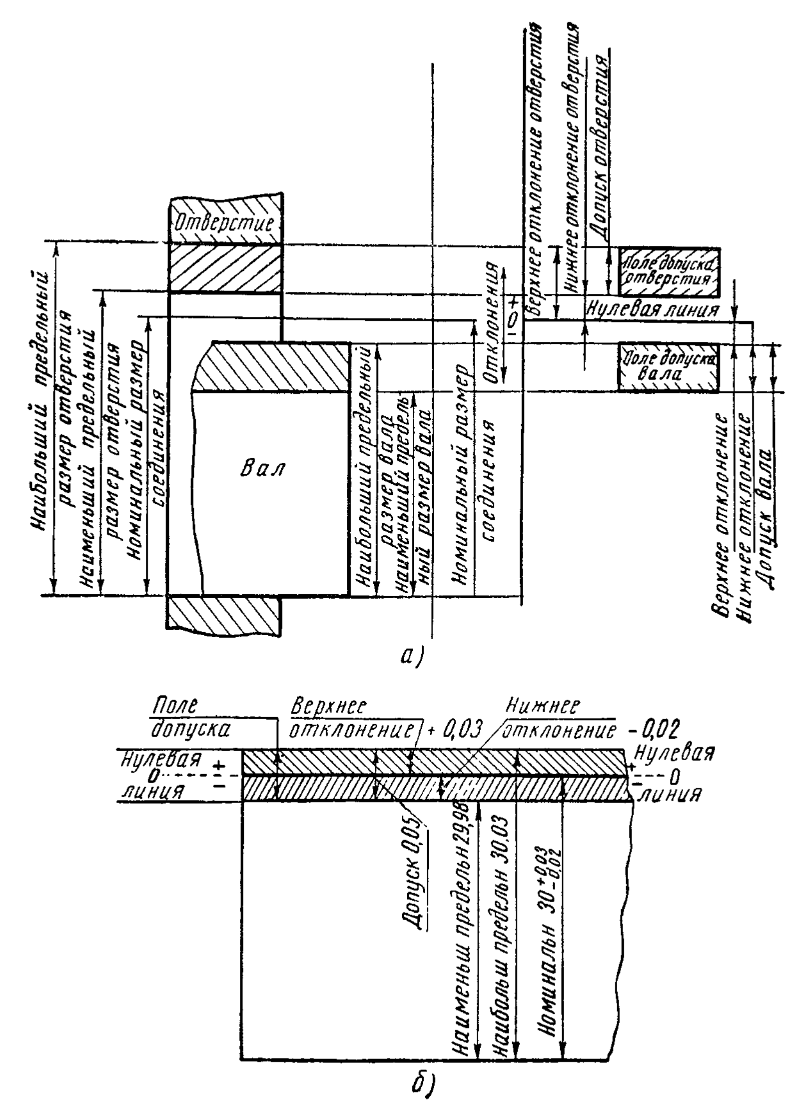


Рис. 111. Графическое изображение размеров и отклонений допусков (*а*), пример обозначения (*б*)

рис. 111). Положительные отклонения откладываются вверх от нулевой линии, отрицательные вниз.

Полем допуска называется интервал значений размеров, ограниченный предельными размерами; оно определяется величи-

ной допуска и его расположением относительно номинального размера. На схеме поле допусков изображается зоной между линиями, соответствующими верхнему и нижнему предельным отклонениям. Верхняя граница поля допуска соответствует наибольшему предельному размеру, нижняя граница — наименьшему предельному размеру.

Величина поля допуска зависит от класса точности, назначения детали, величины номинального размера, характера посадки. Размер готовой детали (действительный размер) должен лежать внутри поля допуска, т. е. между наибольшим и наименьшим предельными размерами. Если это требование не соблюдено, то деталь не соответствует предъявленным к ней требованиям и бракуется.

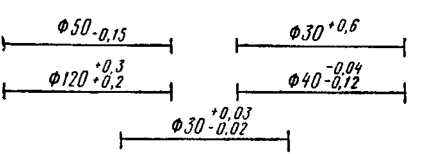


Рис. 112. Примеры обозначений отклонений

На чертежах номинальный размер обозначается целыми числами, а отклонения в виде десятичной дроби проставляются от номинального размера одно над другим: верхнее — вверху, нижнее — внизу. Перед цифрой положительного отклонения ставится знак плюс (+). перед цифрой отрицательного отклонения — знак минус (—). Если отклонения одинаковы по своему численному значению, но одно из них положительное, а другое отрицательное, то величину отклонения указывают один раз после знаков (±). Обозначение отклонений показано на рис. 112. Например: $30^{+0{,}03}_{-0{,}02}$.

Как видно из примера, номинальный размер будет равен 30 *мм*, верхнее отклонение +0,03, нижнее —0,02. Отсюда наибольший предельный размер 30+0.03=30,03 *мм*, наименьший предельный размер 30 — 0,02=29,98 *мм*. Следовательно, допуск в данном случае равняется: 30,03 — 29,98=0,05 *мм*. Это значит, что слесарь имеет право выполнить размер детали в пределах от 30,03 до 29,98 *мм*.

Графическое изображение допусков показано на рис. 111, *б*.

§ 56. ЗАЗОРЫ И НАТЯГИ

Зазором называется положительная (со знаком +) разность между размерами отверстия и вала (при условии размер отверстия больше размера вала), создающая свободу относительного перемещения сопрягаемых деталей (рис. 113, *а*).

Самый большой зазор получится в том случае, если соединить втулку (отверстие), имеющую самый большой размер, с валом наименьшего размера. Наибольшим зазором называется разность между наибольшим предельным размером отверстия и наименьшим предельным размером вала.

Самый малый зазор получится в том случае, если соединить втулку самого малого диаметра с валом самого большого диаметра. Следовательно, наименьшим зазором называется положи-

тельная разность между наименьшим предельным размером отверстия и наибольшим предельным размером вала.

Натягом называется положительная разность между диаметрами вала и отверстия до сборки деталей (размер вала больше размера отверстия), обеспечивающая неподвижность соединения сопрягаемых деталей (рис. 113, *б*).

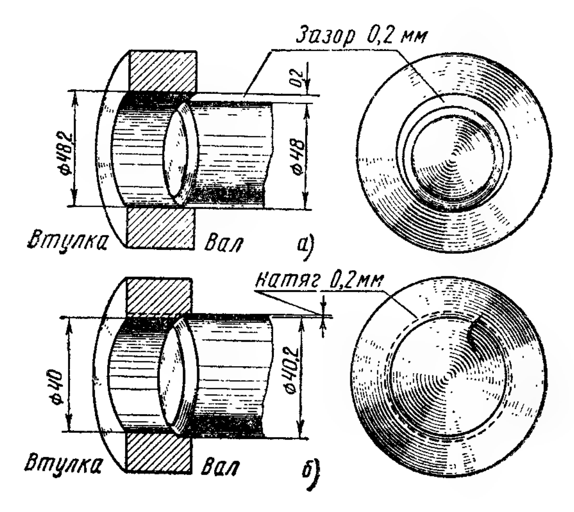


Рис. 113. Соединения деталей:
а — с зазором, *б* — с натягом

Самый большой натяг получится в том случае, если соединить вал самого большого диаметра с отверстием наименьшего диаметра. Следовательно, наибольшим натягом называется разность между наибольшим предельным размером вала и наименьшим предельным размером отверстия.

Самый малый натяг получится в том случае, если соединить вал самого малого диаметра и втулку наибольшего диаметра. Таким образом, наименьшим натягом называется разность между наименьшим предельным размером вала и наибольшим предельным размером отверстия.

§ 57. ПОСАДКИ

В соединении двух деталей, входящих одна в другую, различают охватывающую (внешнюю) и охватываемую (внутреннюю) поверхности соединения. Если охватывающая и охватываемая поверхности соединения являются цилиндрическими поверхностями, то соединение называется гладким цилиндрическим. Если охватывающая и охватываемая поверхности образованы двумя параллельными плоскостями каждая, то соединение называется плоским с параллельными плоскостями.

У цилиндрических соединений охватывающая поверхность называется **отверстием**, а охватываемая — **валом**. Названия «отверстие» и «вал» условно применимы также и к другим охватывающим и охватываемым поверхностям.

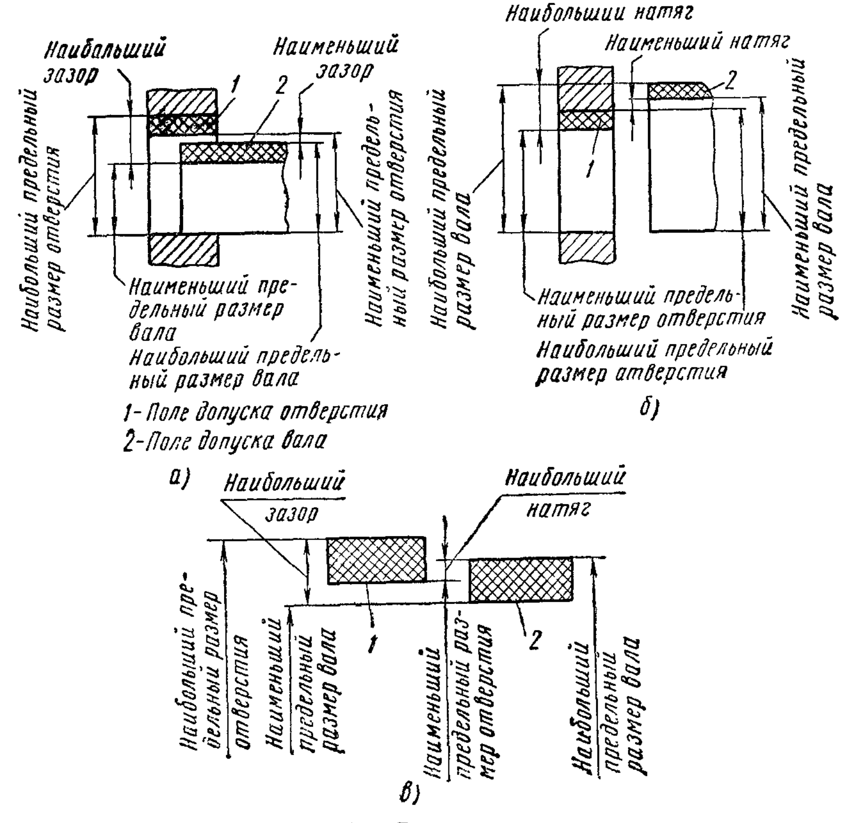


Рис. 114. Группы посадок:
а — с зазором (подвижные), *б* — с натягом (неподвижные), *в* — переходные

Посадкой называется характер соединения деталей, определяемый величиной получающихся в нем зазоров или натягов. Посадка характеризует большую или меньшую свободу относительного перемещения соединяемых деталей или степень сопротивления их взаимному смещению.

В зависимости от взаимного расположения полей допусков отверстия и вала посадки подразделяются на три группы:

с зазором (подвижные), при которых обеспечивается зазор в соединении (поле допуска отверстия расположено над полем допуска вала — рис. 114, *а*).

с натягом (неподвижные), при которых обеспечивается натяг в соединении (поле допуска вала расположено над полем допуска отверстия — рис. 114, *б*);

переходные, при которых соединения могут осуществляться как с зазором, так и с натягом (поля допусков отверстия и вала перекрываются — рис. 114, *в*).

Кроме допусков размера вала и отверстия, существует также допуск посадки.

Допуском посадки называется разность между наибольшим и наименьшим зазорами (в посадках с зазором) или наибольшим и наименьшим натягами (в посадках с натягом).

В переходных посадках допуск посадки равен алгебраической разности между наибольшим и наименьшим натягами или сумме наибольшего натяга и наибольшего зазора.

Каждая посадка имеет свое наименование и условное обозначение (табл. 3).

Таблица 3

Виды посадок

Неподвижные посадки (посадки с натягом)	Переходные посадки	Подвижные посадки (посадки с зазором)
Прессовая 3-я Пр3	Глухая Г	Скользящая С.
Прессовая 2-я Пр2	Тугая Т	Движения Д
Прессовая 1-я Пр1	Напряженная Н	Ходовая Х
Горячая Гр	Плотная П	Легкоходовая Л
Прессовая ПР		Широкоходовая Ш
Легкопрессовая Пл		Тепловая ходовая ТХ

Неподвижные посадки характеризуются наличием гарантированного натяга, т. е. при этих посадках наименьший натяг больше нуля. Следовательно, для получения неподвижной посадки необходимо, чтобы диаметр сопрягаемого вала был больше диаметра сопрягаемого отверстия.

Прессовые Пр3, Пр2, Пр1 посадки по стандартным натягам введены как ориентировочные. Поэтому при выборе прессовой посадки определяют допускаемые значения наибольшего и наименьшего натягов. Если натяг окажется больше допускаемого, то деталь может разрушиться, а при очень малом натяге сила трения может оказаться недостаточной и при работе произойдет смещение деталей относительно друг друга.

Прессовые соединения, как правило, являются неразъемными, так как распрессовка и запрессовка вновь ведут к нарушению посадки.

Горячая посадка (Гр) применяется в соединениях, которые никогда не должны разбираться, например бандажи железнодорожных колес, стяжные кольца и др. Для получения такой посадки деталь с отверстием нагревается до температуры 400—500° С, после чего производится насадка на вал.

Прессовая посадка (Пр) применяется для прочного соединения деталей. Эта посадка осуществляется под значительным

усилием гидравлического или механического пресса или специального приспособления. Примером такой посадки может служить посадка втулок, зубчатых колес, шкивов и пр.

Легкопрессовая посадка (Пл) применяется в тех случаях, когда требуется возможно более прочное соединение, и в то же время недопустима сильная запрессовка из-за ненадежности материала или из-за опасения деформировать детали. Такая посадка осуществляется под легким давлением пресса.

Переходные посадки не гарантируют натяга или зазора, т. е. одна пара деталей, соединенных по одной из переходных посадок, может иметь натяг, а другая пара, сопряженная с такой же посадкой,— зазор. Чтобы повысить степень неподвижности деталей, соединенных с переходными посадками, применяется дополнительное крепление винтами, штифтами и т. п. Чаще всего эти посадки применяются при необходимости обеспечить соосность, т. е. совпадение осевых линий двух деталей, например вала и втулки.

Глухая посадка (Г) применяется для соединения деталей, которые при всех условиях работы должны быть связаны прочно и могут быть собраны или разобраны при значительном давлении. При таком соединении детали дополнительно крепят шпонками, стопорными винтами, например зубчатые колеса, которые вследствие износа нужно заменить, планшайбы на шпинделях токарных станков, неразрезные подшипниковые втулки, золотниковые и круглые втулки и пр. Осуществляется эта посадка сильными ударами молотка. Применяется относительно редко — при больших динамических нагрузках (сотрясение, удар, вибрации), при этом разборка узлов предусмотрена только при капитальном ремонте машин.

Тугая посадка (Т) применяется аналогично глухой посадке, но при менее прочном материале деталей или более частой сборке узлов, а также при длине втулки более 1,5 диаметра или более тонких стенках втулки. Применяется для соединения валов и осей с кулачковыми муфтами, маховичками, шкивами и рычагами; конических зубчатых колес и червячных передач, роторов электрических машин.

Напряженная посадка (Н) применяется для соединения таких деталей, которые при работе должны сохранять свое относительное положение и могут быть собраны или разобраны без значительных усилий с помощью ручного молотка или съемника. Чтобы соединенные с такой посадкой детали не проворачивались и не сдвигались, их закрепляют шпонками или стопорными винтами. Эта посадка, осуществляемая ударами молотка, применяется для соединения зубчатых колес; часто сменяющихся втулок подшипников, которые при разборке машин вынимаются; подшипников качения на валах, шкивах; сальниковых втулок, маховиков на кривошипных и иных валах, фланцах и т. п.

Плотная посадка (П) применяется для соединения таких деталей, которые собирают или разбирают вручную или при помощи деревянного молотка. С такой посадкой соединяются детали, требующие точной центровки: поршневые штоки, эксцентрики

на валах, ручных маховичках, шпинделях, сменных зубчатых колесах, установленных кольцах и т. п.

Подвижные посадки характеризуются наличием гарантированного зазора, т. е. при этих посадках наименьший зазор больше нуля.

Скользящая посадка (С) применяется для соединения деталей, которые при наличии смазки могут перемещаться относительно друг друга от руки, но имеют точное направление.

С такой посадкой соединяются направляющие и пиноли в станках, поршневые штоки в цилиндрах, насосах, центрирующие поверхности фланцев и крышек. Но при дополнительном крепежном средстве, например шпонке, скользящая посадка превращается в неподвижную. Это осуществляется в случаях, когда требуется точное центрирование сопряженных деталей при частой сборке и разборке узлов в процессе эксплуатации машины (соединение валов со сменными колесами, со сцепными дисками или соединительными и фрикционными муфтами и др.).

Посадка движения (Д) является самой точной из подвижных посадок; она имеет малый гарантированный зазор, что создает хорошее центрирование деталей и отсутствие ударов при перемене нагрузки. При хорошей смазке посадки движения применяют для сопряжения шейки коленчатого вала с шатуном, шпинделей станков, ползунов станков, передвижных зубчатых колес и т. д.

Наружные кольца шариковых и роликовых подшипников могут устанавливаться в корпус также с посадкой движения.

Посадка ходовая (Х) применяется при соединении деталей, которые работают в основном при умеренных и постоянных скоростях и при безударной нагрузке, например вращающиеся в подшипниках валы (коленчатые, кулачковые) и др. Ходовая посадка широко распространена в тракторостроении и комбайностроении.

Легкоходовая посадка (Л) имеет относительно большие зазоры и применяется для подвижных соединений при тех же условиях, что и ходовые, но при большей длине втулки или большем количестве опор, а также при скоростях свыше 1000 *об/мин*. Применяется для соединения цапф валов с втулками подшипников в центробежных насосах, приводах шлифовальных станков, турбогенераторах; валов холостых шкивов и свободно вращающихся колес.

Широкоходовая посадка (Ш) является самой свободной и имеет самый большой зазор; применяется для соединения деталей, работающих с большими скоростями, при этом допускаются неточное центрирование деталей, перекосы и прогибы; при большой длине посадки; в многопарных соединениях; для соединения деталей, размеры которых меняются под влиянием температуры или работающих в неблагоприятных условиях, например загрязненность в сельскохозяйственных, дорожных и других машинах.

Посадки тепловые ходовые (ТХ) применяются для соединения деталей, работающих при высокой температуре, напри-

мер в различных тепловых двигателях, когда рабочий зазор может существенно уменьшаться вследствие неодинакового теплового расширения деталей.

§ 58. СИСТЕМЫ ДОПУСКОВ, ИХ ОБОЗНАЧЕНИЯ НА ЧЕРТЕЖАХ

Системой допусков и посадок определяется строгий порядок условий изготовления и приема деталей в отношении допустимых отклонений их действительных размеров и форм от заданных.

Система допусков — это закономерная планово построенная совокупность допусков и посадок, обеспечивающая взаимозаменяемость деталей. Система допусков и посадок подразделяется на две основные системы: систему отверстия и систему вала.

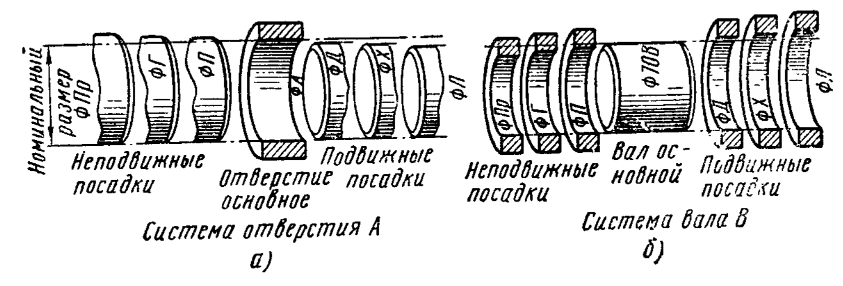


Рис. 115. Системы допусков:
а — система отверстия, *б* — система вала

В системе отверстия нижнее предельное отклонение размера отверстия всегда равно нулю, следовательно, наименьший предельный размер отверстия совпадает с номинальным. При одинаковом номинальном размере нескольких сопрягаемых деталей и при изготовлении их по одному и тому же классу точности различные посадки получают изменением полей допусков вала, а поле допуска отверстия остается неизменным (рис. 115, *а*). Отверстие в этой системе допусков называется основной деталью или основанием. Поле допуска отверстия обозначается буквой А, к которой добавляется индекс класса точности.

В системе вала верхнее предельное отклонение размера вала всегда равно нулю и, следовательно, наибольший предельный размер вала совпадает с номинальным. Посадки в системе вала получают изменением предельных размеров отверстия, а размер вала для данного класса точности остается постоянным (рис. 115, *б*). Вал в этой системе допусков называется основной деталью, или основанием. Поле допуска вала обозначается буквой В, к которой добавляется индекс класса точности. Система отверстия имеет большее распространение, чем система вала. Система вала применяется в автомобильной, текстильной и других отраслях промышленности, где встречаются валы сложной конструкции.

Обозначение допусков на чертежах. ГОСТ предусматривает определенный порядок обозначений размеров, отклоне-

ний, посадок, классов точности на рабочих и сборочных чертежах.

На чертежах деталей предельные отклонения указываются непосредственно после номинального размера. При этом обычно на рабочих чертежах отклонения указываются цифрами, а на сборочных чертежах — условными обозначениями — символами (буквами), присвоенными той или иной посадке с добавлением индекса, указывающего класс точности сопряжения. Числовые значения отклонений, проставляемые на рабочих чертежах, выписываются из таблиц.

Буквенные обозначения, относящиеся к отверстию, пишутся над чертой дроби, а относящиеся к валу — под чертой дроби. Например: $25\frac{П_{2а}}{В_3}$. Такая запись означает, что сопряжение имеет номинальный размер 25 и выполняется по системе вала В (основной деталью является вал), а сопрягаемая деталь (отверстие) изготовляется с допуском, соответствующим плотной (П) посадке. Отверстие выполняется по 2а классу точности, а вал — по 3-му.

Для определения абсолютных отклонений пользуются таблицами допусков, которые составлены для каждого класса точности по системе вала и по системе отверстия отдельно.

Для выбора отклонений необходимо знать номинальный размер сопряжений, систему допусков, класс точности и посадки. Если обработка производится по системе отверстия А, отклонения размеров диаметра отверстия и вала находят по таблицам для системы отверстия соответствующего класса точности. При обработке по системе вала В отклонения вала и отверстия находят по таблицам системы вала соответствующего класса точности.

§ 59. КЛАССЫ ТОЧНОСТИ

В зависимости от условий, в которых работает деталь, к ней предъявляются различные требования по точности. Государственными стандартами установлен ряд степеней точности обработки деталей, называемых **классами точности**, которые характеризуются величиной допуска.

ГОСТ 11472—69 устанавливает для размеров от 0,1 до 1, от 1 до 500 *мм* по ОСТ 1010* 10 классов точности (1, 2, 2а, 3, 3а, 4, 5, 7, 8, 9), а для размеров от 500 до 10 000 *мм* по ГОСТ 2689—54 *— 12 классов точности (1, 2, 2а, 3, 3а, 4, 5, 7, 8, 9, 10, 11). Для размеров от 0,1 до 1 *мм* по ГОСТ 3047—66* установлен 6-й класс точности. Классы 2а и 3а являются дополнительными. Самым высоким классом точности является 1-й, а самым грубым 11-й.

При грубом классе точности допуск больше и, наоборот, чем точнее класс, тем меньше допуск. При малых допусках обработать деталь сложнее и дороже, что учитывают при составлении технологии.

По 1-му классу точности изготовляют особо точные детали, например детали приборов, измерительных инструментов, кольца

шарикоподшипников. Этот класс точности вследствие чрезвычайно небольшого предела отклонения от номинального размера имеет ограниченное применение, так как для получения такой точности требуются специальные особо точные приборы и приемы обработки.

2-й класс точности является основным и применяется в точном машиностроении. По этому классу точности обрабатывают наиболее ответственные детали металлорежущих станков, автомобилей, тракторов, комбайнов, текстильных, обувных и других машин.

3-й класс точности широко применяется в тяжелом машиностроении, тракторостроении и комбайностроении. По этому классу точности обрабатываются, например, рабочие поверхности гильз цилиндров.

Класс точности 2а является промежуточным между 2-м и 3-м классами, а класс точности 3а — промежуточным между 3-м и 4-м классами. Промежуточные классы точности находят применение в некоторых отраслях промышленности, где не требуется высокая точность.

4-й класс точности довольно широко распространен и применяется при изготовлении деталей с относительно большими допусками, например неответственных деталей сельскохозяйственных машин.

5-й класс точности применяется при грубой обработке деталей. По этому классу обрабатываются многие детали сельскохозяйственных машин.

6-й класс точности установлен для деталей небольших размеров (менее 1 *мм*) и применяется редко.

7, 8, 9, 10 и 11-й классы точности имеют самые большие допуски на изготовление, поэтому отклонения фактических размеров детали от номинального размера могут быть весьма значительными. С такими классами точности изготовляются детали, не имеющие сопряжений, т. е. заготовки, поковки и литье.

Вопросы для самопроверки

1. Определите предельные размеры:
$20^{+0,030}_{+0,008}$; $18^{-0,020}_{-0,008}$; $25^{+0,25}$; $30_{-0,05}$; $30^{+0,85}_{-0,25}$.
2. Определите величины допусков:
$24^{+0,006}$; $18^{-0,020}$; $80^{-0,010}_{-0,060}$; $62^{+0,105}_{+0,075}$; $30^{+0,02}_{-0,01}$.
3. Как определяют класс чистоты обработанной поверхности?
4. Охарактеризуйте посадки с зазором, с натягом и переходные.

ЧАСТЬ ВТОРАЯ

СЛЕСАРНОЕ ДЕЛО

Глава XV

ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О СЛЕСАРНОМ ДЕЛЕ

§ 60. ВОЗНИКНОВЕНИЕ СЛЕСАРНОГО РЕМЕСЛА

Искусство добывать и обрабатывать металл вручную известно с древних времен. Человек на заре своего развития был в полной зависимости от стихийных сил природы, но на протяжении долгих веков он постепенно освобождался от этой зависимости, подчиняя себе природу. Борясь за свое существование, первобытный человек на первых порах изготовлял и приспосабливал для себя различные орудия из дерева, камня, а затем из бронзы и железа. Сначала эти орудия напоминали собой органы человеческого тела, например каменный молоток напоминал кулак, нож — форму когтей или зубов, грабли и лопаты — форму кисти и пальцев руки и т. п.

Люди научились добывать и обрабатывать металлы в давние времена. Из металла изготовлялись орудия труда, например топоры, косы, серпы, средства защиты — щиты, мечи и др., предметы домашнего обихода — посуда для варки пищи (котлы, чашки, тазы), украшения и другие изделия.

На протяжении многих лет металлические изделия изготовлялись ремесленниками-кузнецами. Первоначально эта группа ремесленников изготовляла вручную разнообразные металлические изделия, в дальнейшем развитие кузнечного ремесла, появление различных приспособлений, совершенствование орудий производства, применение бронзы и железа привели к разносторонности кузнечных работ. Это вызвало разделение труда между кузнецами-ремесленниками. Одни кузнецы выполняли более грубые и крупные работы, например орудия труда, предметы домашнего обихода и др., а другие — более мелкие и тонкие работы. Кузнецами-ремесленниками того времени вручную изготовлялись разнообразные изделия. Образцы оружия, орудий труда, различных механизмов (замков, часов, машин) и других изделий поражают нас сложностью обработки, тщательностью отделки и говорят о том, что холодная обработка металла, искусство резать металл вручную были широко развиты среди народа несколько столетий назад. Развитие техники многим обязано талантливым русским людям, которых во все времена в России было много. Эти «умельцы», как

их тогда называл народ, были разносторонне развитыми людьми, которые самостоятельно решали сложные технологические задачи. Особенно своим мастерством славились московские, тульские и уральские мастера. Об искусстве русских мастеров «умельцев» повествуется в рассказе русского писателя Лескова «Левша», герой которого тульский мастер Левша на удивление английским мастерам подковал сделанную ими микроскопических размеров блоху.

Изготовление огнестрельного и холодного оружия, а также доспехов требовало выполнения слесарной работы. Благодаря этому развилось искусство чеканить украшения и выковывать сложнейшей формы шлемы. При изготовлении ружейного замка, сверлении пушек применялись различные инструменты и приспособления. Таким образом, в XIV—XV вв. возникла самостоятельная отрасль кузнечного ремесла — холодная ковка, а вместе с ней начало создаваться и новое ремесло — слесарное.

Особое развитие слесарное ремесло получило после Великой Октябрьской социалистической революции. Наши ученые, инженеры и техники, рабочие многое сделали, чтобы заменить тяжелый, малопроизводительный ручной труд работой механизмов и машин. Объем слесарных работ по мере развития техники постепенно уменьшается, однако во всех видах производства, хотя в небольшом объеме, применение слесарного дела еще остается.

§ 61. ОРГАНИЗАЦИЯ РАБОЧЕГО МЕСТА СЛЕСАРЯ

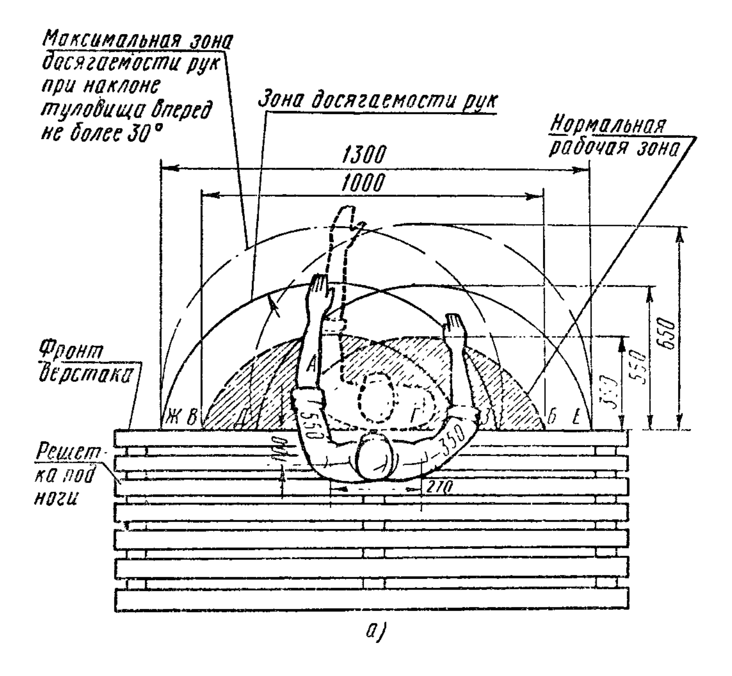
Рабочим местом называется определенный участок производственной площади, цеха, участка, мастерской, закрепленный за данным рабочим (или бригадой рабочих), предназначенный для выполнения определенной работы и оснащенный в соответствии с характером этой работы оборудованием, приспособлениями, инструментами и материалами.

Организация рабочего места является важнейшим звеном организации труда. Правильные выбор и размещение оборудования, инструментов и материалов на рабочем месте создают наиболее благоприятные условия работы.

Под рациональной организацией рабочего места понимают такую организацию рабочего места, при которой при наименьшей затрате сил и средств труда обеспечиваются безопасные условия работы, достигается наивысшая производительность и высокое качество продукции.

Одним из основных элементов организации рабочего места является его планировка, при выполнении которой учитывают требования научной организации труда (местоположения рабочего места по отношению к другим рабочим местам в мастерской), к расположению оборудования, к местоположению рабочего, оснастки и требования к размещению инструментов, приспособлений (порядок на рабочем месте).

В целях экономии движений и устранения ненужных поисков предметы на рабочем месте делят на предметы постоянного



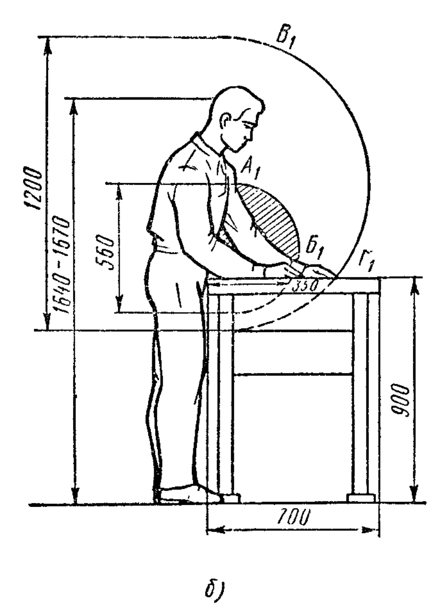


Рис. 116. Зоны досягаемости рук человека:

а — в горизонтальной плоскости при работе стоя и сидя, *б* — в вертикальной плоскости при работе стоя

и временного пользования, за которыми постоянно закреплены места хранения и расположения.

Исходными данными для разработки планировки мастерской (участка) являются состав и габариты основного оборудования и вспомогательной оснастки рабочих мест, а также формы организации труда и производства.

Расстояния от тары с заготовками и готовой продукцией и от оборудования (верстака) до рабочего должны быть такими, чтобы рабочий мог использовать преимущественно движение рук. При этом учитывают, что при выполнении трудовых приемов, связанных с небольшими сопротивлениями усилию, особенно при необходимости выдержать большую точность при изготовлении деталей, в работу включают

мелкие звенья руки (кисть или даже одни пальцы). При выполнении приемов, связанных с усилиями средней величины при их небольших амплитудах, движение совершают за счет мышц плеча и предплечья и, наконец, при выполнении приемов, связанных со значительным усилием (6—8 *кГ*), в движении принимает участие вся рука и даже корпус рабочего.

На рабочем месте должны находиться только те предметы, которые необходимы для выполнения данного задания. Предметы, которыми рабочий пользуется чаще, кладут ближе на площади, ограниченной в горизонтальной плоскости дугами *АБ* и *ВГ* (рис. 116, *а*) и дугой $А_1Б_1$ (рис. 116, *б*) в вертикальной плоскости, т. е. в пределах дуг радиусом 350 *мм*, описываемых кистями правой и левой руки при повороте в локтевом суставе.

Предметы, которыми рабочий пользуется реже, кладут дальше, но не далее чем в пределах площади, ограниченной в горизонтальной плоскости дугами *ДЕ* и *ЖЗ* (рис. 116, *а*) и дугой $В_1Г_1$ в вертикальной плоскости (рис. 116, *б*), т. е. в пределах дуг радиусом 550 *мм* досягаемости свободно вытянутых рук при наклоне корпуса вперед (по направлению к верстаку) не более 30°.

По возможности избегают такого размещения предметов, которые требуют при выполнении работ поворотов и особенно нагибания корпуса, а также перекладывания предметов из одной руки в другую. Приспособления, материалы и готовые детали располагают в специальных ящиках (таре), находящихся на отведенных для них местах.

Измерительные инструменты хранят в специальных футлярах или в деревянных коробках.

Режущие инструменты (напильники, метчики, сверла, развертки и др.) хранят на деревянных подставках (планшетах).

После окончания работы использованные инструменты и приспособления очищают от грязи и масла и протирают. Поверхность верстака очищают щеткой от стружки и мусора.

Рабочее место слесаря, в зависимости от характера производственного задания, может быть организовано по-разному. Однако большинство рабочих мест оборудуется слесарным верстаком, на котором устанавливают тиски и раскладывают необходимые для работы инструменты, приспособления, материалы; на специальных планшетах размещают документацию — технологические карты, чертежи и т. д.

Расстояние между отдельными рабочими местами, а также проходы между слесарными верстаками устанавливаются (1,5—1,6 *м*) в зависимости от технических и технологических требований и условий техники безопасности.

Рабочие места должны иметь хорошее индивидуальное освещение. Свет должен падать на обрабатываемый предмет, а не на лицо рабочего. Желательно, чтобы свет был рассеянным и не создавал бликов, мешающих работать.

Слесарный верстак является основным видом оборудования рабочего места для выполнения ручных работ и представляет

собой специальный стол, на котором выполняют слесарные работы. Он должен быть прочным и устойчивым. Каркас верстака сварной конструкции из чугунных или стальных труб, стального профиля (уголка). Крышку (столешницу) верстаков изготовляют из досок толщиной 50—60 *мм* (из твердых пород дерева). Столешницу, в зависимости от характера выполняемых на верстаке работ, покрывают листовым железом толщиной 1—2 *мм*, линолеумом или фанерой. Кругом столешницу окантовывают бортиком, чтобы с нее не скатывались детали.

Под столешницей верстака находятся выдвижные ящики (не менее двух), разделенные на ряд ячеек для хранения в определенном порядке инструментов, мелких деталей и документации.

Слесарные верстаки бывают одноместные и многоместные.

Одноместные слесарные верстаки имеют длину 1200—1500 *мм*, ширину 700—800 *мм*, высоту 800—900 *мм*, а многоместные — длину

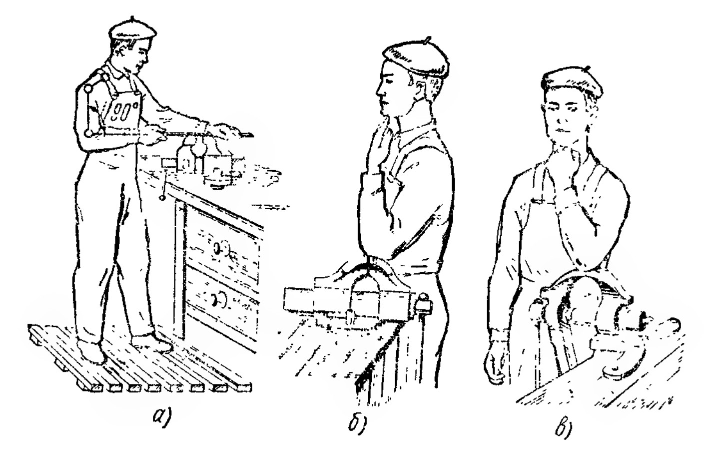


Рис. 117. Высота установки тисков:
а — при опиливании, *б* — при рубке в параллельных тисках, *в* — при рубке в стуловых тисках

2400—3600 *мм* или соответственно 3000—4500 *мм* (в зависимости от числа работающих); ширину ту же, что и одноместные верстаки. Наиболее удобны и более широко применяются одноместные верстаки.

Многоместные слесарные верстаки имеют существенный недостаток: когда один рабочий выполняет точные работы (разметку, опиливание, шабрение), а другой в это время производит рубку или клепку, то в результате вибрации верстака нарушается точность работ, выполняемых первым рабочим.

На верстаке устанавливают тиски. Высота верстака с установленными на нем тисками определяется в соответствии с ростом работающего (рис. 117, *а*). При выборе высоты установки параллельных тисков согнутую в локте левую руку ставят на губки тисков так, чтобы концы выпрямленных пальцев руки касались

подбородка (рис. 117, *б*), или путем установки бойка молотка на ударную часть зубила, при этом плечевая часть правой руки должна иметь вертикальное положение, а локтевая — горизонтальное под углом 90°.

Стуловые тиски устанавливают на такую высоту, чтобы согнутая в локте левая рука, поставленная на губки тисков, касалась подбородка согнутыми в кулак пальцами (рис. 117, *в*).

При малом росте рабочего используют специальные регулируемые по высоте подставки (решетки) под ноги (рис. 117, *а*).

Слесарный верстак (рис. 118), применяемый на заводах, состоит из металлического каркаса *1*, верстачной доски (столешницы) *2*, защитного экрана (металлическая сетка с очень мелкой ячейкой или стекло — плексиглас) *4*.

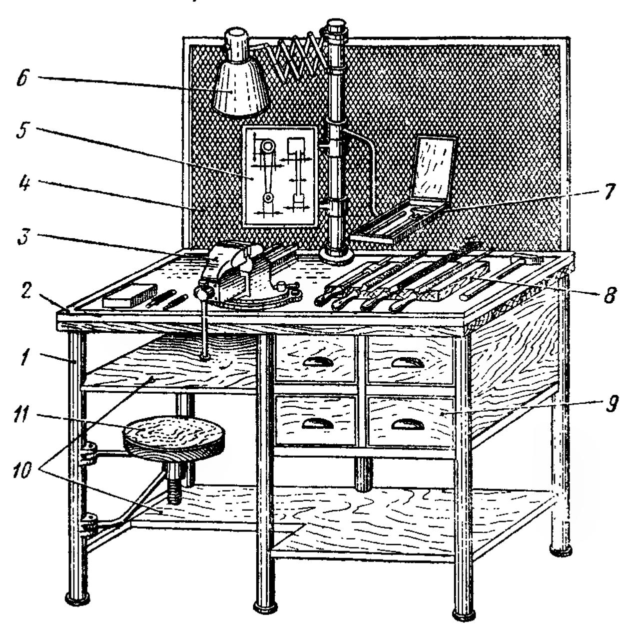


Рис. 118. Одноместный слесарный верстак:

1 — каркас, *2* — столешница, *3* — тиски, *4* — защитный экран, *5* — планшет для чертежей, *6* — светильник, *7* — полочка для инструмента, *8* — планшет для рабочего инструмента, *9* — ящики, *10* — полки, *11* — сиденье

На верстаке располагаются параллельные тиски *3*, планшет для размещения чертежей *5*, светильник *6*, кронштейн с полочкой для измерительного инструмента *7*, планшет для рабочего инструмента *8*.

Под столешницей имеются четыре ящика *9* с отделениями для хранения инструмента и две полки *10* для хранения деталей и заготовок. К ножке верстака крепится откидное сиденье *11*.

Широко применяется в мастерских профессионально-технических училищ верстак, исключающий применение подставок и допу-

скающий регулирование подъема тисков на нужную высоту (рис. 119). В каркасе *2* этого верстака прочно закреплена толстостенная труба *3* с резьбой, внутрь которой входит стальной хвостовик. Тиски поднимаются вращением рукой надетого на винт *1* маховичка *8*.

Верстак снабжен защитным экраном из металлической сетки *4* высотой 1 *м* с ячейками не более 3 *мм* или прозрачного плексигласа, полочкой *5* для измерительного инструмента, планшетами *6* для рабочего инструмента, которые вместе с инструментом укладываются в ящик. Деревянная столешница верстака вместо бортиков окантована рамкой *7* из алюминиевого уголка.

Рис. 119. Слесарный верстак с регулируемыми по высоте тисками:
1 — винт подъема, *2* — каркас, *3* — труба, *4* — сетка, *5* — полочка, *6* — планшет, *7* — рамка, *8* — маховичок

Заслуживает внимания планшет-кассета В. А. Слепинина, представляющий собой рамку, одна часть которой закрыта прозрачным оргстеклом, а обратная — крышкой-задвижкой. В планшет закладывают чертежи по ряду заданий. Планшет устанавливают в планку с пазом вертикально или горизонтально.

Применение планшета-кассеты позволяет иметь несколько чертежей, не требует картона для наклейки, покрытия чертежа защитным слоем и, кроме того, долгое время сохранять чертежи чистыми.

Для работы механизированным инструментом к верстаку подводится силовая электрическая линия и магистраль сжатого воздуха.

Для выполнения слесарных работ непосредственно у машин широко применяют передвижные (на роликах) верстаки. Когда слесарю приходится перемещаться по фронту работы, он пользуется передвижным верстаком (рис. 120), переносным инструменталь-

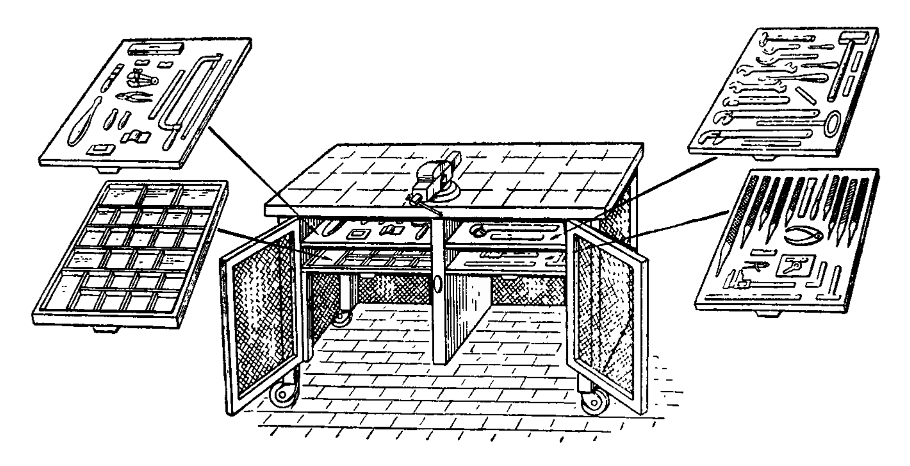


Рис. 120. Передвижной верстак

Рис. 121. Ящик с набором слесарного инструмента:

1 — штаигенциркуль, *2* — лииейка, *3* — угольник 90°, *4* — циркуль разметочиый, *5* — плоскогубцы, *6* — клещи, *7* — чертилка, *8* — кериер, *9* — ключ раздвижиой, *10* — ключ для круглых гаек, *11* — тиски ручные, *12* — ножовка, *13* — клупп, *14* — зубило, *15* — крейцмейсель, *16* — отвертка, *17* — скребок для очистки напильников, *18* — щетка для очистки напильников, *19* — напильник плоский драчевый, *20* — напильник плоскнй личной, *21* — напнльннк трехгранный, *22* — напильник круглый, *23*, *24* — шаберы, *25* — молоток

ным ящиком (рис. 121) или инструментальной сумкой (рис. 122).

Слесарные тиски. Слесарные тиски представляют собой зажимные приспособления для удержания обрабатываемой детали в нужном положении. В зависимости от характера работы применяют стуловые, параллельные и ручные тиски.

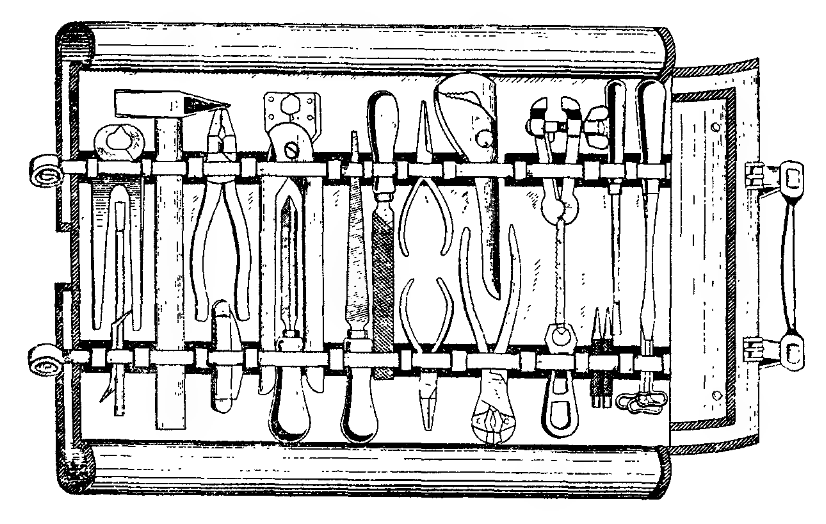


Рис. 122. Инструментальная сумка

Стуловые тиски (ГОСТ 7225—54) свое название получили от способа крепления их на деревянном основании в виде стула, в дальнейшем они были приспособлены для закрепления на верстаках.

Стуловые тиски (рис. 123, *а*) изготовляются из кованой стали, имеют ширину губок 100, 130, 150, 180 *мм*, наибольшее раскрытие губок 90, 130, 150 и 180 *мм*.

Стуловые тиски состоят из подвижной *4* и неподвижной *5* губок. На конце неподвижной части находится лапа *7* для крепления тисков к столу, а ее удлиненный стержень *8* заделывают в деревянное основание и зажимают скобой. Губки сдвигаются вращением рычага *1* винта *3*, имеющего прямоугольную резьбу, а раздвигаются при помощи плоской пружины *2* при вывинчивании из втулки гайки *6* винта *3*.

Преимуществами стуловых тисков являются простота конструкции и высокая прочность. Недостатком стуловых тисков является то, что рабочие поверхности губок не во всех положениях параллельны друг другу, вследствие чего при зажиме узкие обрабатываемые предметы захватываются только верхними краями губок (рис. 123, *б*), а широкие — только нижними (рис. 123, *в*), что не обеспечивает прочности закрепления. Кроме того, губки тисков при зажиме врезаются в деталь, образуя на ее поверхности вмятины.

Стуловые тиски применяются редко, только для выполнения грубых тяжелых работ, связанных с применением ударной нагрузки,— при рубке, клепке, гибке и пр.

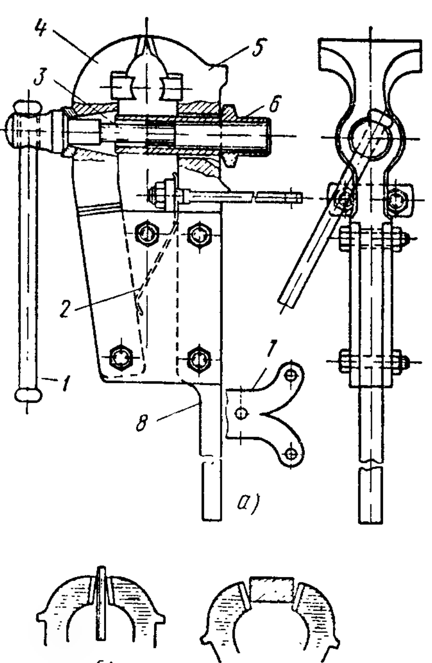


Рис. 123. Стуловые тиски:

а — общий вид, *б* — зажим верхними краями губок, *в* — зажим нижними краями губок: *1* — рычаг, *2* — пружина, *3* — винт, *4* — подвижная губка, *5* — неподвижная губка, *6* — гайка, *7* — лапа, *8* — стержень

Параллельные тиски (ГОСТ 4045—57) по устройству разделяются на поворотные и неповоротные, губки у этих тисков перемещаются параллельно одна другой.

Поворотные параллельные тиски тип II (рис. 124) могут поворачиваться на любой угол. Эти тиски в корпусе неподвижной губки *9* имеют сквозной прямоугольный вырез, в который помещена гайка *10* зажимного винта. В вырез входит прямоугольный со сквозным отверстием призматический хвостовик подвижной губки *7*. Зажимной винт *11*, пропущенный через отверстие корпуса подвижной губки, закреплен стопорной планкой *6*. При вращении зажимного винта в ту или другую сторону при помощи рычага *5* винт будет ввинчиваться в гайку *10* или вывинчиваться из нее и соответственно перемещать подвижную губку *7*, которая, приближаясь к неподвижной губке *9*, будет зажимать обрабатываемый предмет, а удаляясь, освобождать.

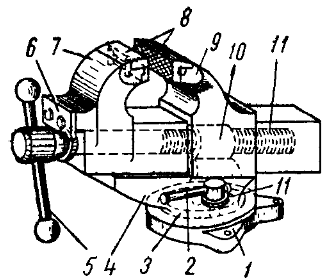


Рис. 124. Поворотные параллельные тиски:

1 — болт, *2* — рукоятка, *3* — основание, *4* — поворотная часть, *5* — рычаг, *6* — стопорная планка, *7* — подвижная губка, *8* — накладные губки, *9* — неподвижная губка, *10* — гайка, *11* — винты

Неподвижная губка тисков соединена с основанием *3* центровым болтом, вокруг которого и осуществляется необходимый поворот тисков. Поворотную часть *4* тисков закрепляют в требуемом положении при помощи рукоятки *2* болтом *1*.

Корпус параллельных слесарных тисков изготовляют из серого чугуна. Для увеличения срока службы тисков к рабочим частям губок прикрепляют винтами стальные (из инструментальной стали У8) призматические губки 8 с крестообразной насечкой. При зажиме в тисках на обрабатываемых предметах могут появляться вмятины от насечки закаленных

пластин губок. Поэтому для зажима обработанной чистовой поверхности детали (изделия) рабочие части губок тисков закрывают накладными пластинками («нагубниками»), изготовленными из мягкой стали, латуни или алюминия.

Размеры слесарных тисков определяются шириной их губок, которая составляет для поворотных тисков 80, 100, 120 и 140 *мм*, и раскрытием (разводом) их на 65, 100, 140 и 180 *мм*.

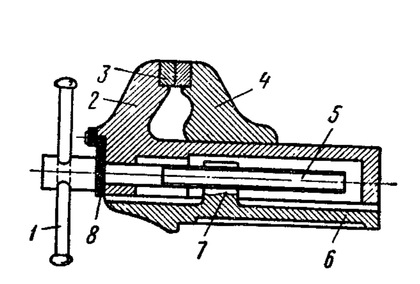


Рис. 125. Неповоротные параллельные тиски:

1 — рычаг, *2* — подвижная губка, *3* — накладные губки, *4* — неподвижная губка, *5* — винт, *6* — основание, *7* — гайка, *8* — стопорная планка

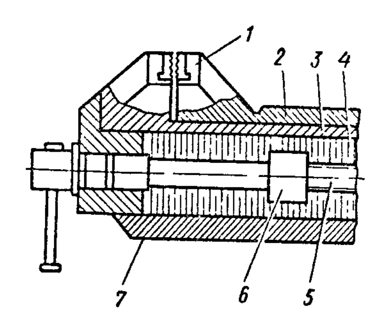


Рис. 126. Слесарные тиски со свободным ходом:

1 — сменные щечки, *2* — неподвижная губка, *3* — подвижная губка, *4* — пиловидная рейка, *5* — винт, *6* — зубчатая гайка, *7* — плита

Неповоротные параллельные тиски тип I (рис. 125) имеют основание *6*, с помощью которого они крепятся болтами к крышке верстака, неподвижную губку *4* и подвижную *2*. Для увеличения срока службы рабочие части губок *4* и *2* делают сменными в виде призматических пластинок *3* с крестообразной насечкой из инструментальной стали У8 и прикрепляют к губкам винтами. Подвижная губка *2* перемещается своим хвостовиком в прямоугольном вырезе неподвижной губки *4* вращением винта *5* в гайке *7* при помощи рычага *1*. От осевого перемещения в подвижной губке зажимный винт *5* удерживается стопорной планкой *8*. Ширина губок неповоротных параллельных тисков составляет 60, 80, 100, 120 и 140 *мм*, наибольшее раскрытие губок — 45, 65, 100, 140 и 180 *мм*.

Несмотря на достоинство параллельных тисков, заключающееся в прочном креплении к верстаку, они имеют существенный недостаток: малая прочность губок. Поэтому для тяжелых работ эти тиски непригодны.

Особенность слесарных тисков со свободным ходом (рис. 126) — удобство и быстрота установки деталей. Тиски к верстаку прижимает плита *7*. Под внутренней неподвижной губкой *2* — подвижная *3*. А между ней и плитой две пиловидные рейки *4*. С ними в зацеплении — зубчатая гайка *6*, зафиксированная на винте *5*.

Слесарь, поворачивая рукоятку влево, выводит гайку из зацепления с рейками, а потянув рычаг на себя, освобождает подвиж-

ную губку. Так легко и просто устанавливается необходимый зазор между сменными щечками *1*. Чтобы зажать деталь, нужно проделать эту несложную операцию в обратном порядке.

Инструментальные струбцины (рис. 127, *а*) состоят из двух плоских стальных губок *2*, которые могут раздвигаться по размеру зажимаемой детали при помощи винта *3*, проходящего через середину каждой губки. Второй винт *1* проходит через конец одной из губок и нажимает на другую губку. В результате противоположные концы губок сближаются и зажимают деталь.

Струбцины (рис. 127, *б*) для тяжелых работ являются самыми распространенными универсальными струбцинами, применение их разнообразное (рис. 127, *в*). Они изготовляются разных размеров.

Пневматические тиски обеспечивают быстрый и надежный зажим деталей с постоянным усилием без применения физической силы. Время зажима составляет 2—3 *сек*, усилие зажима — 3000 *кГ*.

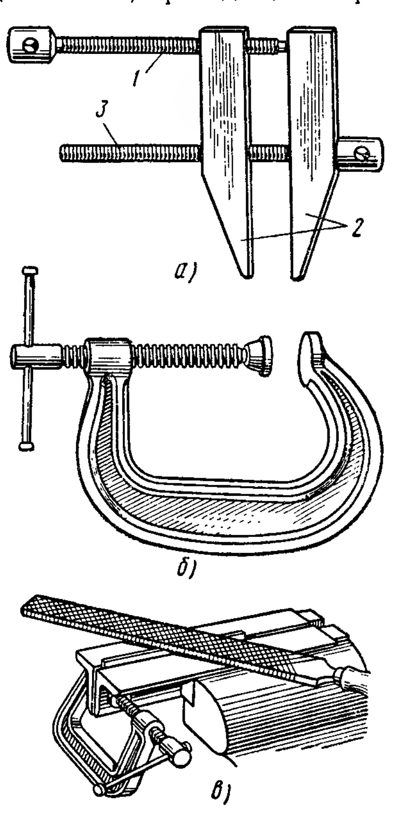


Рис. 127. Вспомогательные приспособлеиия (струбцины):
а — инструментальная, *б* — для тяжелых работ, *в* — универсальная для всех видов работ

Пневматические тиски с диафрагменным зажимом (рис. 128) состоят из основания *1*, поворотной части *2*, закрепленной в нужном положении болтами *3*, подвижной губки *4*, помещенной в пазу поворотной части *2*, и неподвижной губки *5*, скрепленной с этой поворотной частью. Внутри поворотной части *2* перемещается каретка *6*, соединенная ходовым винтом *7* с подвижной губкой *4*. Ходовой винт позволяет менять расстояние между обеими губками тисков. В том случае, когда воздух не поступает в тиски, их губки находятся в крайнем раздвинутом положении под действием пружины *8*. Когда же сжатый воздух под давлением 5—6 *ат* поступает в камеру тисков, шток *9* опускается и поворачивает находящийся в каретке рычаг *10*, который нажимает на каретку своим коротким плечом через толкатель *11* и тянет подвижную губку, зажимающую деталь. Воздушная камера этих тисков образуется стенками основания *1* и резиновой диафрагмой *12*. Воздух через диафрагму давит на опорное кольцо *13* штока и создает рабочее усилие. В таких тисках зажимают детали размером не свыше 80 *мм*.

На рис. 129 приведена другая конструкция пневматических тисков с клиновым зажимом. Эти тиски установлены на корпусе *10* пневматической подставки, в ней профрезерован

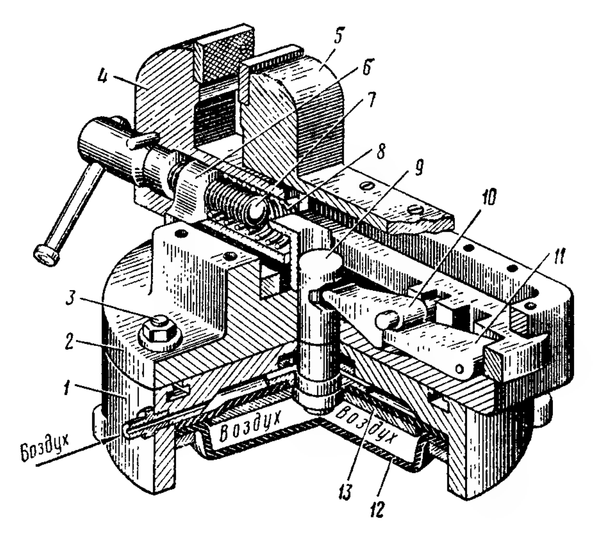


Рис. 128. Пневматические тиски:

1 — основание, *2* — поворотная часть, *3* — болт, *4* — подвижная губка, *5* — неподвижная губка, *6* — каретка, *7* — винт, *8* — пружина, *9* — шток, *10* — рычаг, *11* — толкатель, *12* — резиновая диафрагма, *13* — кольцо

кольцевой Т-образный паз *6*, в который головками входят болты, закрепляющие тиски в нужном положении.

Тиски состоят из подвижной *1* и неподвижной *2* губок, пневматической камеры с резиновой мембраной *9* и нажимным диском *7*, подающего штока *8* и клиновой передачи, в которую входит клин *3* и фигурная гайка *4*.

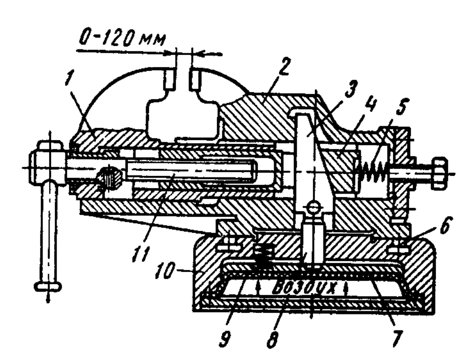


Рис. 129. Пневматические тиски с клиновым зажимом:

1 — подвижная губка, *2* — неподвижная губка, *3* — клин, *4* — фигурная гайка, *5* — пружина, *6* — Т-образный паз, *7* — нажимной диск, *8* — подающий шток, *9* — резиновая мембрана, *10* — корпус, *11* — винт

Губки тисков раздвигаются вручную винтом *11* на расстояние от 0 до 120 *мм*, а также при помощи пневматического крана, включаемого от руки или ноги; пневматический привод раздвигает губки на 6 *мм*.

При зажиме детали винтом *11* устанавливают расстояние между губками по размеру детали, после этого подают воздух в пневматическую камеру под мембрану *9*. Воздействуя на мембрану, воздух поднимает вверх нажимной диск *7*

с подающим штоком *8* и клином *3*; своим скосом клин перемещает фигурную гайку *4* и зажимный винт *11* с подвижной губкой *1* на 6 *мм* и закрепляет деталь. Давление в пневматической сети 14 *ат*, зажимное усилие достигает 2000 *кГ*.

Для освобождения детали поворачивают ручку ручного крана или отпускают ножную педаль, в результате сжатый воздух из пневматической камеры выходит в атмосферу. Пружина *5* отодвигает фигурную гайку *4* и через винт *11*, переместив подвижную губку *1*, освобождает деталь.

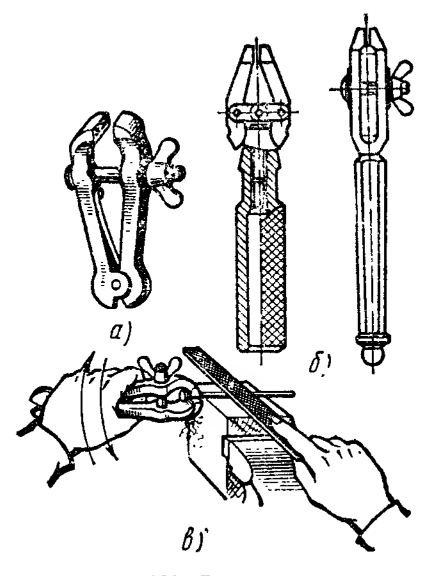


Рис. 130. Ручные тиски:
а — с пружиной и пружиниым соединением, *б* — для мелких работ, *в* — применение

При работе на тисках следует соблюдать следующие правила:

перед началом работы осматривать тиски, обращая особое внимание на прочность их крепления к верстаку;

не выполнять на тисках грубых работ (рубки, правки или гибки) тяжелыми молотками, так как это приводит к быстрому разрушению тисков;

при креплении деталей в тисках не допускать ударов по рычагу, что может привести к срыву резьбы ходового винта или гайки;

по окончании работы очищать тиски волосяной щеткой от стружки, грязи и пыли, а направляющие и резьбовые соединения смазывать маслом;

после окончания работ разводить губки тисков, так как в сжатом состоянии возникают излишние напряжения в соединении винта и гайки.

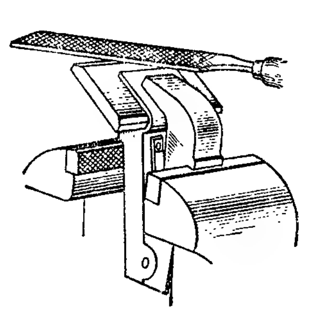


Рис. 131. Угловые (косогубые) тиски

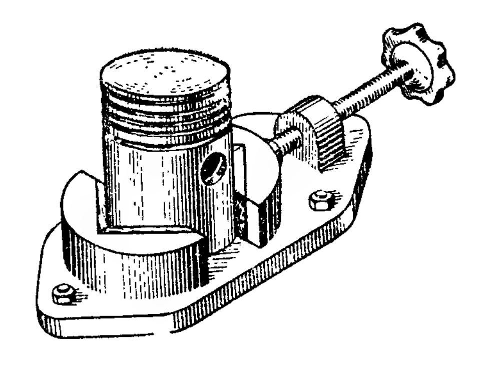


Рис. 132 Тиски со специальными (вырезанными) губками

Ручные слесарные тиски (ГОСТ 7226—54) применяются для закрепления деталей или заготовок небольших размеров при опиливании или сверлении, которые неудобно или опасно держать руками.

Ручные тиски изготовляются двух типов: тип I — с пружиной и шарнирным соединением (рис. 130, *а*) с шириной губок 36; 40 и 45 *мм* и наибольшим раскрытием губок 29, 30 и 40 *мм*; тип II — для мелких работ (рис. 130, *б*) с шириной губок 6, 10 и 15 *мм*. На рис. 130, *в* показано применение этих тисков.

Кроме ручных тисков, применяют другие конструкции: угловые и со специальными губками. На Минском ордена Ленина автомобильном заводе применяют при опиливании фасок или наклонных поверхностей угловые (косогубые) тиски, которые зажимают в закрепленные на верстаке тиски вместе с обрабатываемым изделием (рис. 131). На рис. 132 показаны тиски со специальными губками (с вырезами) для закрепления цилиндрических деталей.

Глава XVI
ТЕХНИКА БЕЗОПАСНОСТИ, ПРОТИВОПОЖАРНЫЕ МЕРОПРИЯТИЯ, ПРОМЫШЛЕННАЯ САНИТАРИЯ И ЛИЧНАЯ ГИГИЕНА

§ 62. ТЕХНИКА БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ СЛЕСАРНЫХ РАБОТ

Охрана труда в СССР — государственное дело. Коммунистическая партия и правительство Советского Союза уделяют исключительно большое внимание созданию здоровых, безопасных и культурных условий труда на производстве. Но безопасность работы в значительной степени зависит и от того, насколько сами работающие соблюдают правила техники безопасности.

Каждый слесарь должен не только хорошо знать, но и строго соблюдать все правила техники безопасности и меры предосторожности при всех слесарных работах; знать причины, которые могут вызвать при работе несчастные случаи.

Несчастные случаи на производстве — ушибы, ранения и т. д. называются промышленным травматизмом, который чаще всего происходит по двум причинам: вследствие недостаточного освоения работающими производственных навыков и отсутствия необходимого опыта в обращении с инструментом и оборудованием; из-за невыполнения правил техники безопасности и правил внутреннего распорядка.

Основными условиями безопасной работы при выполнении слесарных операций являются правильная организация рабочего места, пользование только исправными инструментами, строгое соблюдение производственной дисциплины и правил техники безопасности.

Каждый рабочий должен хорошо знать и обязательно соблюдать все правила техники безопасности, изложенные в памятках, специальных инструкциях и плакатах по технике безопасности.

Все вращающиеся части станков и механизмов, а также обрабатываемые детали с выступающими частями должны иметь защитные ограждения.

Опасность представляют внутризаводской автомобильный и безрельсовый электротранспорт, ручные вагонетки, тележки, а также движение рабочих в узких проходах или на путях, где работает грузоподъемный транспорт.

Для движущегося транспорта устанавливают различные сигналы: звуковые (звонки, сирены), световые (различные цвета ламп — красный, желтый, зеленый), которые нужно знать и соблюдать.

При непосредственном прикосновении к токоведущим частям (выключателям, рубильникам и т. п.) или металлическим предметам, случайно оказавшимся под напряжением, возникает опасность поражения электрическим током. В местах, где имеются электрические установки, вывешивают предупредительные надписи (например, «Опасно!», «Под током!») или ставятся условные знаки.

Электроинструменты должны присоединяться к электрической сети при помощи шлангового кабеля, имеющего специальную жилу, служащую для заземления и зануления, через штепсельную розетку, одно гнездо которой соединено с землей или с нулевым проводом. На штепсельной вилке контакт для соединения корпуса электроинструмента с землей делается более длинным, чем остальные токоведущие контакты. Благодаря такому устройству при включении электроинструмента сначала происходит заземление или зануление, а потом включаются токоведущие контакты.

При работе с электроинструментами следует применять индивидуальные средства защиты: резиновые перчатки и калоши, резиновые коврики, изолирующие подставки и т. п.

Ниже приводятся краткие правила по технике безопасности.

До начала работы необходимо:

надев спецодежду, проверить, чтобы у нее не было свисающих концов. Рукава надо застегнуть или закатать выше локтя;

проверить слесарный верстак, который должен быть прочным и устойчивым, соответствовать росту рабочего. Слесарные тиски должны быть исправны, прочно закреплены на верстаке; ходовой винт должен вращаться в гайке легко, губки тисков иметь хорошую насечку;

подготовить рабочее место: освободить нужную для работы площадь, удалив все посторонние предметы; обеспечить достаточную освещенность. Заготовить и разложить в соответствующем порядке требуемые для работы инструмент, приспособления, материалы и т. п.;

проверить исправность инструмента, правильность его заточки и заправки;

при проверке инструмента обратить внимание на то, чтобы

молотки имели ровную, слегка выпуклую поверхность, были хорошо насажены на ручки и закреплены клином; зубила и крейцмейсели не должны иметь зазубрин на рабочей части и острых ребер на гранях; напильники и шаберы прочно насажены на ручки;

проверить исправность оборудования, на котором придется работать, и его ограждение;

перед поднятием тяжестей проверить исправность подъемных приспособлений (блоки, домкраты и др.); все подъемные механизмы должны иметь надежные тормозные устройства, а вес поднимаемого груза не должен превышать грузоподъемность механизма. Грузы необходимо надежно привязывать прочными стальными канатами или цепями; нельзя оставлять груз в подвешенном состоянии после работы. Запрещается стоять и проходить под поднятым грузом; не превышать предельные нормы веса для переноски вручную, установленные действующим законодательством об охране труда, для мужчин, женщин, юношей и девушек.

Во время работы необходимо:

прочно зажимать в тисках деталь или заготовку, а во время установки или снятия ее соблюдать осторожность, так как при падении деталь может нанести травму;

опилки с верстака или обрабатываемой детали удалять только щеткой;

при рубке металла зубилом учитывать, в какую сторону безопаснее для окружающих направить отлетающие частицы и установить с этой стороны защитную сетку; работать только в защитных очках. Если по условиям работы нельзя применить защитные сетки, то рубку выполняют так, чтобы отрубаемые частицы отлетали в ту сторону, где нет людей;

не пользоваться при работах случайными подставками или неисправными приспособлениями;

не допускать загрязнения одежды керосином, бензином, маслом.

Во время работы пневматическими инструментами необходимо соблюдение следующих требований:

при присоединении шланга к инструменту предварительно проверить его и продуть сжатым воздухом;

не держать пневматический инструмент за шланг или рабочую часть;

во время работы не разъединять шланги;

включать подачу воздуха только после установки инструмента в рабочее положение.

По окончании работы необходимо:

тщательно убрать рабочее место;

уложить инструмент, приспособления и материалы на соответствующие места;

во избежание самовозгорания промасленных тряпок и концов и возникновения пожара убрать промасленные концы и тряпки в специальные металлические ящики.

§ 63. ПРОТИВОПОЖАРНЫЕ МЕРОПРИЯТИЯ. ПРОМЫШЛЕННАЯ САНИТАРИЯ И ЛИЧНАЯ ГИГИЕНА

Противопожарные мероприятия. Случайная искра, попавшая на горючие производственные отходы (масляные концы, паклю, бумагу и другие легковоспламеняющиеся материалы), самовозгорание твердого минерального топлива, курение в запрещенных местах, короткое замыкание неисправных проводов, электроприборов, а также при небрежном обращении с ними и другие причины могут вызвать пожар.

Для предупреждения пожаров необходимо постоянно содержать рабочее место в чистоте и порядке, осторожно обращаться с огнем, нагревательными приборами и легковоспламеняющимися материалами. Нельзя оставлять у рабочего места легковоспламеняющиеся производственные отходы, их необходимо убирать в специальные железные ящики с крышками. Сосуды с маслом, керосином, бензином и другими легковоспламеняющимися веществами необходимо после пользования вынести в места, специально отведенные для их хранения.

По окончании работы следует проверить, выключены ли рубильники, электроприборы и осветительные точки.

При возникновении пожара необходимо немедленно вызвать пожарную команду и по прибытии ее принять участие в тушении пожара имеющимися на производственном участке средствами — огнетушителями, песком и т. п.

Горящие бензин, керосин, нефть, смазочные масла следует тушить пенными огнетушителями. При пожаре нельзя выбивать стекла в окнах, так как от этого создаются сквозняки, увеличивающие очаг пожара.

Во время пожара чрезвычайно важно соблюдение спокойствия и беспрекословное выполнение распоряжений руководителей производства.

Промышленная санитария и личная гигиена. Задачами промышленной санитарии являются охрана здоровья трудящихся и оздоровление условий труда. Это достигается устройством душа, вентиляции, комнат отдыха, поддержанием чистоты и порядка, нормальной температуры (16—18° С) в цехах и на участках, обеспечением хорошим естественным и искусственным освещением. Кроме того, в задачи промышленной санитарии входит обеспечение рабочих столовыми, поликлиниками, больницами, домами отдыха, санаториями и т. д.

Большое значение для сохранения здоровья и повышения производительности труда имеет также личная гигиена рабочего. Под личной гигиеной рабочего понимаются меры сохранения здоровья, предупреждения и устранения условий, вредно отражающихся на здоровье. Утомление, в зависимости от условий труда, может наступать и быстрее и медленнее. Если в процессе рабочего дня приходится часто нагибаться или высоко поднимать руки (слишком высокий или низкий верстак, станок и т. д.), работать в неудобной позе,

утомляемость наступает быстрее и производительность труда значительно снижается.

В результате продолжительной работы человек утомляется. Короткие перерывы и отдых во время работы предупреждают наступление утомляемости. Если рабочий работает стоя, необходимо отдыхать сидя; тот, кто работает сидя, должен отдыхать стоя. При работе рекомендуется также время от времени менять положение корпуса. Если это не делать, то у слесаря постепенно может развиваться искривление позвоночника и сутулость, а иногда и сгорбленность. Для восстановления сил и для борьбы с утомляемостью и сутулостью рекомендуется заниматься производственной гимнастикой и спортом. Утренняя зарядка и физические упражнения в процессе рабочего дня способствуют более совершенной работе нервно-мышечного аппарата, повышают работоспособность организма.

Во время работы пыль, грязь и масло могут попадать на лицо и руки. Пот и грязь забивают поры, кожа грубеет и трескается, на ней появляются гнойнички, раздражения, поэтому после работы необходимо водой с мылом тщательно вымыть лицо, шею и руки или принять душ. Перед приемом пищи следует тщательно мыть руки с мылом.

Вопросы для самопроверки

1. Каким основным требованиям должно отвечать рабочее место слесаря?
2. Какие правила безопасности учитывают при закреплении деталей в тисках?
3. Какие особенности слесарных тисков поворотных, пневматических и с клиновым зажимом?
4. Назовите виды и расскажите о назначении слесарно-монтажного инструмента.

Глава XVII

РАЗМЕТКА

§ 64. ОБЩИЕ ПОНЯТИЯ

Чтобы при обработке снять с заготовки только припуск и получить деталь соответствующих форм и размеров, заготовку до обработки размечают. Разметка заключается в нанесении на поверхность заготовки линий (рисок), определяющих согласно чертежу контуры детали или места, подлежащие обработке. По разметочным рискам заготовку обрабатывают в механических цехах.

Разметка применяется преимущественно в индивидуальном и мелкосерийном производствах. На заводах крупносерийного и массового производства надобность в разметке отпадает благодаря использованию специальных приспособлений — кондукторов, упоров и т. п.

Разметка разделяется на плоскостную и пространственную (объемную).

Плоскостная разметка применяется при обработке деталей, изготовляемых обычно из листового материала. При этом огра-

ничиваются нанесением рисок только по одной плоскости. Кроме того, к плоскостной разметке относят разметку отдельных плоскостей деталей сложной формы, но только в том случае, если взаимное расположение размечаемых элементов детали не оговорено особо на ее чертеже. Точность плоскостной разметки невысокая (0,2—0,5 *мм*).

Приемами плоскостной разметки нельзя разметить даже самое простое тело, если поверхности его не плоские. Приемами плоскостной разметки нельзя нанести горизонтальные риски на боковую поверхность цилиндра, перпендикулярные его оси, так как к ней нельзя приложить угольник и линейку. Но если бы и нашлась гибкая линейка, которую удалось бы обвить вокруг поверхности цилиндра, то нанесение параллельных рисок на цилиндр представило бы большие трудности.

Пространственная разметка, наиболее распространенная в машиностроении, по приемам существенно отличается от плоскостной. Трудность пространственной разметки заключается в том, что приходится не просто размечать отдельные поверхности детали, расположенные в различных плоскостях и под различными углами друг к другу, а увязывать разметку этих отдельных поверхностей между собой.

§ 65. ПРИСПОСОБЛЕНИЯ ДЛЯ ПЛОСКОСТНОЙ РАЗМЕТКИ

На разметочной плите устанавливают подлежащие разметке детали и располагают все приспособления и инструмент. Разметочная плита отливается из серого мелкозернистого чугуна, в нижней части имеет ребра жесткости, которые предохраняют плиту от возможного прогиба под тяжестью собственного веса и размечаемых деталей. Верхнюю, рабочую поверхность и боковые стороны плиты точно обрабатывают на строгальных станках и затем шабрят.

На рабочей поверхности больших плит иногда делают продольные и поперечные канавки на равных расстояниях одна от другой (200—250 *мм*), образующие равные квадраты. Канавки имеют глубину 2—3 *мм*, ширину 1—2 *мм*, они облегчают установку на плите различных приспособлений (ГОСТ 10905—64).

Размер плиты выбирают так, чтобы ее ширина и длина были на 500 *мм* больше соответствующих размеров размечаемой заготовки.

Большие плиты имеют размер: 1500×3000; 3000×5000; 400×6000 и 6000×10 000 *мм*; средние: 500×800; 750×1000 и 1000×1500 *мм*. Малые плиты: 100×200; 200×200; 200×300; 300×300; 300×400; 400×400; 450×600. Плиты больших размеров, например 6000×10 000 *мм*, изготовляются составными из двух или четырех плит, которые скрепляют болтами и шпонками.

Малые плиты устанавливают на столы (рис. 133, *а*) или чугунные тумбы, большие ставят на кирпичные фундаменты (рис. 133, *б*) или на домкраты, размещенные на фундаменте. Расстояние от рабочей поверхности небольших плит до пола должно быть равно 800—900 *мм* и 700—800 *мм* для плит большого размера.

Верхняя плоскость плиты устанавливается по уровню строго

горизонтально. Горизонтальное положение небольших плит достигается установкой клиньев, а больших — при помощи домкратов или двойных клиньев с винтом.

Поверхность плиты всегда должна быть сухой и чистой. После работы плиту обметают щеткой, тщательно протирают тряпкой,

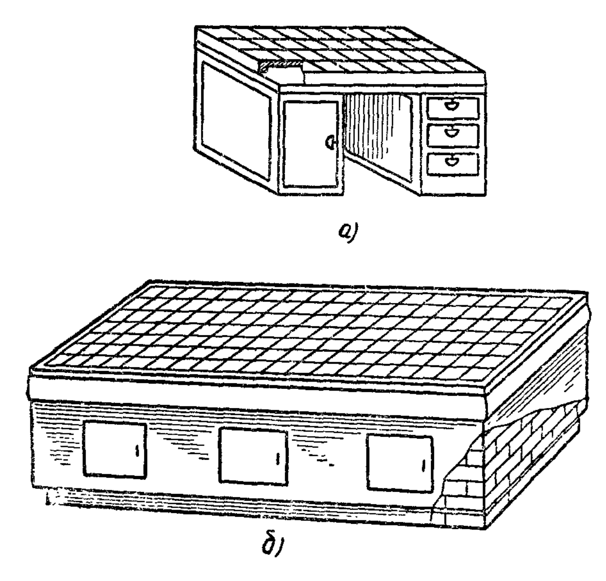


Рис. 133. Разметочные плиты:
а — на столе, *б* — на фундаменте

смазывают маслом для предохранения от коррозии и накрывают деревянным щитом. Не менее одного раза в неделю плиту промывают скипидаром или керосином. Нельзя передвигать по плите размечаемые заготовки во избежание появления забоин и царапин.

Необработанные заготовки устанавливают на специальные подкладки или на домкраты.

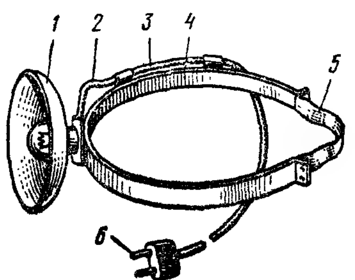


Рис. 134. Рефлекторный светильник:
1 — рефлектор, *2* — шарнир, *3* — провод, *4* — стальная лента, *5* — резиновая лента, *6* — штепсельная вилка

Применяемые при разметке инструменты и приспособления передвигают по плите плавно. Рабочую поверхность плиты рекомендуется натирать графитовым порошком.

Для особо крупных деталей целесообразно устанавливать несколько разметочных плит рядом и на одном уровне.

Проверка точности плиты. Проверяется плоскостность разметочных плит при помощи точной поверочной линейки и щупа. Линейку прикладывают ребром к рабочей поверхности

разметочной плиты. Зазор между этими поверхностями контролируют щупом. Толщина щупа, который проходит в щель между линейкой и разметочной плитой, не должна превышать 0,03—0,06 *мм* (в зависимости от размера плиты).

Рабочие поверхности шабренных плит, предназначенных для точной разметки, проверяют на краску поверочной линейкой. Число пятен в квадрате 25×25 *мм* должно быть не менее 20.

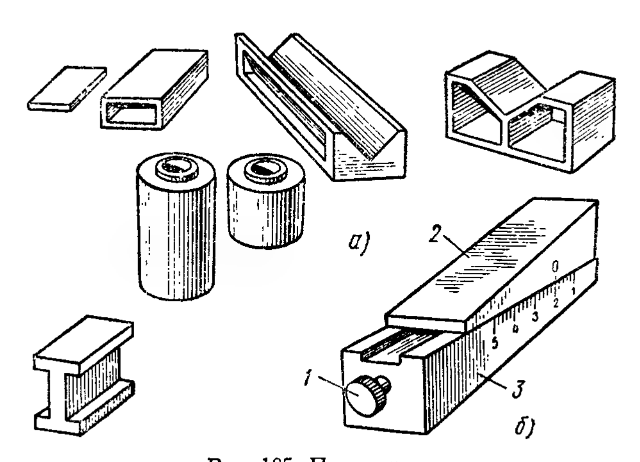


Рис. 135. Подкладки:
а — плоские, круглые, призматические, *б* — клиновидная; *1* — винт, *2*, *3* — стальные клинья

Плиты размещают в наиболее светлой части помещения или под световым фонарем, в местах, где на них не может влиять вибрация от работающих станков.

При разметке крупных деталей, особенно внутренних поверхностей, в качестве дополнительного источника света удобно пользоваться рефлекторным светильником конструкции В. Я. Коровина (рис. 134), надеваемым на голову разметчика. Такой светильник удобен не только расположением источника света, но и тем, что не занимает рук разметчика. Светильник состоит из рефлектора *1*, прикрепленного через шарнир *2* к стальной ленте *4*, которая стягивается резиновой лентой *5*. В рефлектор вставляется электрическая лампочка 12 *в*. Провод *3* с резиновой изоляцией длиной 4—6 *мм* прикреплен к стальной ленте и имеет на конце штепсельную вилку *6*.

Прежде чем приступить к разметке, заготовку устанавливают и выверяют на разметочной плите, пользуясь для этого различными опорными подкладками, призмами и домкратами различных конструкций.

Подкладки служат для обеспечения правильной установки деталей при разметке, а также для предохранения разметочных плит от царапин и забоин. В зависимости от назначения подкладки бывают разных конструкций. Самыми простыми подкладками являются плоские опорные (рис. 135, *а*), подкладки больших размеров

выполняются пустотелыми или двутаврового сечения, цилиндрическими и др.

Клиновидные подкладки (рис. 135, *б*) представляют собой два соединенных, точно обработанных стальных клина *2* и *3*. Размечаемая заготовка устанавливается на верхней поверхности клина *2*. Подъем и опускание заготовки производятся вращением винта *1*, находящегося в теле клина *3*. Имея набор клиньев разной толщины, регулируют положение размечаемых заготовок по высоте. На боковой поверхности нижнего клина нанесена шкала, позволяющая контролировать и точно регулировать высоту клина.

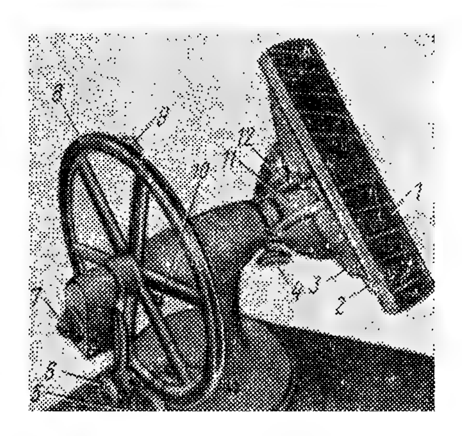


Рис. 136. Поворотное приспособление с электромагнитом:

1 — плоскость, *2* — кожух, *3*, *11* — оси, *4*, *6*, *10* — винты, *5* — маховичок, *7* — выключатель, *8* — лимб, *9* — ноннус, *12* — кромка кругового паза

Поворотное приспособление с электромагнитом (рис. 136) обеспечивает быстрое закрепление размечаемых деталей в наиболее удобном положении. Деталь устанавливают на плоскости *1* электромагнита, катушки которого защищены литым кожухом *2*. Электромагнитный стол вращают вокруг оси *3*. Горизонтальная ось *11* пропущена через круговой паз сферического прилива кожуха магнитного стола и соединена с осью *3* втулкой. На другом конце горизонтальной оси насажен лимб *8* большого диаметра со шкалой на 360°. Для отсчетов углов поворота горизонтальной оси имеется подвижной нониус *9*, вращающийся на этой оси и фиксируемый винтом *10*. Точная установка лимба по нониусу осуществляется маховичком *5*, фрикционно связанным с лимбом. Лимб фиксируется затяжным винтом *6*. Угол поворота магнитного стола вокруг оси *3* устанавливают по шкале или по расточенным через 15° отверстиям кромки *12* кругового паза. При установке по шкале стол фиксируют винтом *4*. Включают электромагнит выключателем *7*.

Преимущество конструкции: быстрая установка размечаемых деталей, точная угловая ориентировка, удобство при разметке. Недостатки: плохая балансировка (при разметке тяжелых деталей оно легко опрокидывается), опасность неожиданного выключения электромагнита, невозможность крепления немагнитных изделий, высокая стоимость установки с преобразователем тока.

Домкраты применяют для установки громоздких и тяжелых заготовок, они позволяют выверять и регулировать положение размечаемых заготовок по высоте. На рис. 137, *а* показан обыкновенный домкрат, в корпусе которого имеется отверстие с прямоугольной резьбой для ввертывания винта. На верхнем конце винта закрепляются головки различной формы: шариковая (рис. 137, *б*) для

установки необработанных деталей, призматическая (рис. 137, *в*) для установки цилиндрических деталей.

Подъем и опускание заготовки осуществляются вращением винта.

Роликовый домкрат (рис. 137, *г*) дает возможность не только регулировать положение заготовки по высоте, но и свободно поворачивать ее в горизонтальной плоскости, что необходимо при разметке тяжелых заготовок. Домкрат имеет корпус *5* с широким основанием и отверстием с резьбой, в которое ввертывается винт *4*. На винте установлена плита *1* с кронштейнами *3*, в которых вращаются шлифованные закаленные бочкообразные ролики *2*. Ролики можно сдвигать и раздвигать соответственно размерам размечаемых деталей (заготовок).

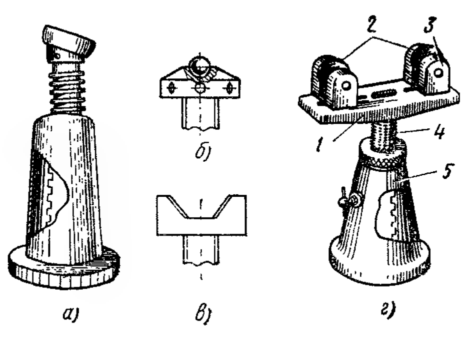


Рис. 137. Домкраты:

а — обыкновенный, *б* — шариковая головка, *в* — призматическая головка, *г* — роликовый; *1* — плита, *2* — ролики, *3* — кронштейн, *4* — винт, *5* — корпус

Для разметки больших цилиндрических деталей применяются выдвижные центры.

§ 66. ИНСТРУМЕНТЫ ДЛЯ ПЛОСКОСТНОЙ РАЗМЕТКИ

Чертилки (иглы) служат для нанесения линий (рисок) на размечаемую поверхность при помощи линейки, угольника или шаблона. Изготовляются чертилки из инструментальной стали У10 или

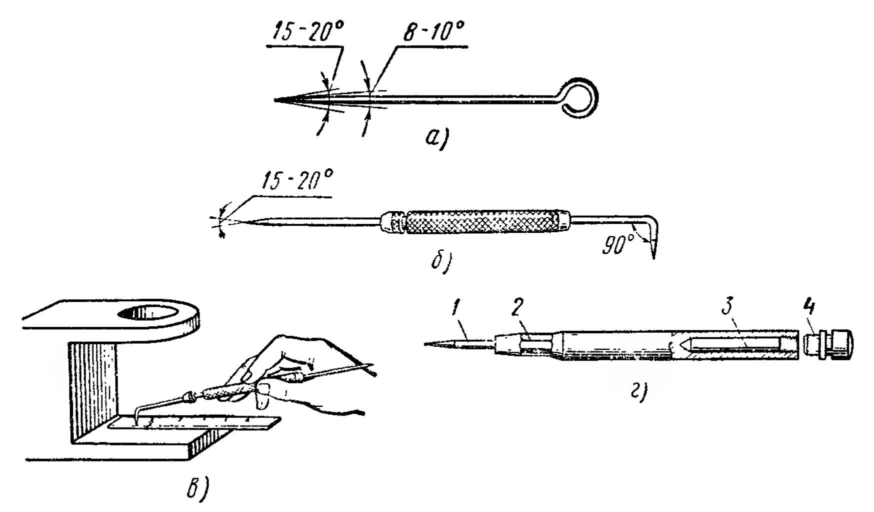


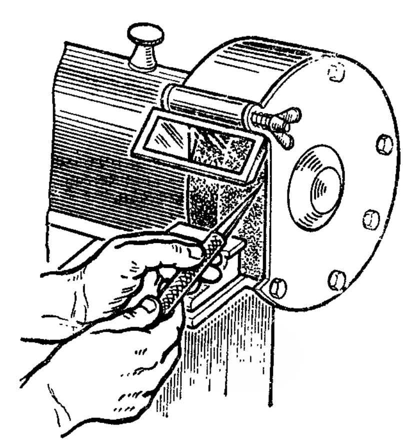
Рис. 138. Чертилки:

а — круглая, *б* — с отогнутым концом, *в* — применение чертилки с отогнутым концом, *г* — чертилка со вставными иглами; *1* — игла, *2* — корпус, *3* — запасные иглы, *4* — пробка

У12. Для разметки на стальной хорошо обработанной поверхности применяют чертилки из латуни, а на алюминий риски наносят острозаточенным карандашом.

Широко применяют три вида чертилок: круглую, с отогнутым концом и со вставной иглой.

Круглая чертилка представляет собой стальной стержень длиной 150—200 *мм* и диаметром 4—5 *мм*, один конец которого закален на длине 20—30 *мм* и заострен под углом 15°, а другой согнут в кольцо диаметром 25—30 *мм* (рис. 138, *а*).


Рис. 139. Заточка чертилки

Чертилка с отогнутым концом представляет собой стальной стержень, заостренный с двух сторон, один конец которого отогнут под углом 90° (рис. 138, *б*). Средняя часть чертилки утолщена и для удобства на ней сделана накатка. Отогнутым концом наносят риски в труднодоступных местах (рис. 138, *в*).

Чертилка со вставной иглой (рис. 138, *г*) выполнена по типу часовых отверток; в качестве вставной иглы могут быть использованы стальные заточенные и закаленные стержни.

Чертилки должны быть острозаточенными. Чем острее рабочая часть их, тем тоньше будет разметочная линия и тем, следовательно, выше точность разметки. Затачивают чертилки на заточных станках (рис. 139). Чертилку берут левой рукой за середину, а правой рукой за конец, противоположный затачиваемому. Выдерживая угол наклона относительно абразивного круга, с легким нажимом прикладывают чертилку конусом к вращающемуся кругу, равномерно вращая ее пальцами правой руки. Во избежание отпуска острие чертилки периодически охлаждают в жидкости.

Кернер применяется для нанесения углублений (кернов) на предварительно размеченных линиях. Углубления делаются для того, чтобы линии были отчетливо видны и не стирались в процессе обработки детали. Изготовляют кернеры из инструментальной углеродистой стали У7А, У7, У8 и У8А. Рабочую часть кернеров (острие) термически обрабатывают на длине 15—30 *мм* до твердости *HRC* 52—57, а ударную часть — на длине 15—25 *мм* до твердости *HRC* 32—40. Средняя часть кернера имеет накатку для удобства работы им.

Кернеры бывают обыкновенные, специальные, пружинные (механические) и электрические.

Обыкновенный кернер (ГОСТ 7213—54) (рис. 140, *а*) представляет собой стальной стержень длиной 90, 100, 125 и 150 *мм* и диаметром 8, 10, 12, 13, 15, 20 *мм*, боек его имеет сферическую

поверхность. Острие кернера затачивается на шлифовальном круге под углом 60° (рис. 140, *б*). При более точной разметке пользуются малыми кернерами с острием, заточенным под углом 30—45°.

У кернеров для разметки центров отверстий, подлежащих сверлению, острие затачивается под углом 75°.

Специальные кернеры (рис. 141, *а*) применяются для накернивания мелких отверстий и закруглений небольших радиусов. Применение такого кернера заметно повышает качество разметки и производительность.

Кернер для шаговой разметки (рис. 141, *б*) состоит из двух кернеров — основного *1* и

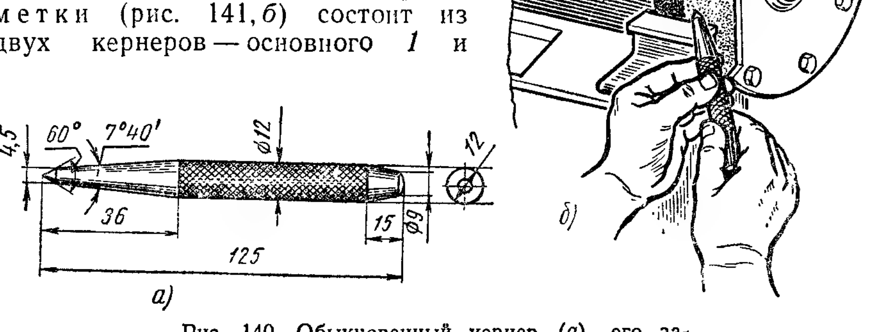


Рис. 140. Обыкновенный кернер (*а*), его заточка (*б*)

вспомогательного *2*, скрепленных общей планкой *3*. Расстояние между ними регулируется при помощи отверстий в планке *3* в зависимости от шага размечаемых отверстий. Первое углубление накернивают кернером *1*. Затем в полученное углубление вставляют кернер *2* и ударом молотка по кернеру *1* накернивают углубление. После этого кернер *2* переставляют в следующее положение. Шаг между отверстиями выдерживается автоматически, чем и достигается точность разметки и повышение производительности.

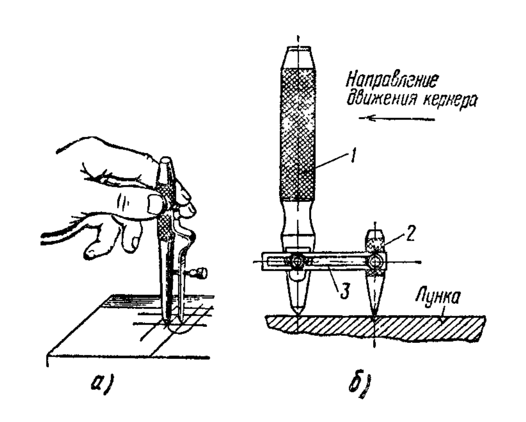


Рис. 141. Специальные кернеры:
а — для накернивания закруглений, *б* — шаговый; *1* — основной кернер, *2* — вспомогательный кернер, *3* — планка

Пружинный кернер (рис. 142) применяется для точной разметки тонких и ответственных изделий. Принцип его действия основан на сжатии и мгновенном освобождении пружины.

Кернер имеет корпус, свинченный из трех частей *3*, *5*, *6*. В корпусе помещаются две пружины *7*, *11*, стержень *2* с кернером *1*, ударник *8* со смещающимся сухарем *10* и плоская пружина *4*. При нажатии на изделие острием кернера внутренний конец стержня *2* упирается в сухарь, в результате чего ударник перемещается вверх и сжимает пружину *7*. Упершись в ребро заплечика *9*, сухарь сдвигается в сторону, и кромка его сходит со стержня *2*. В этот момент

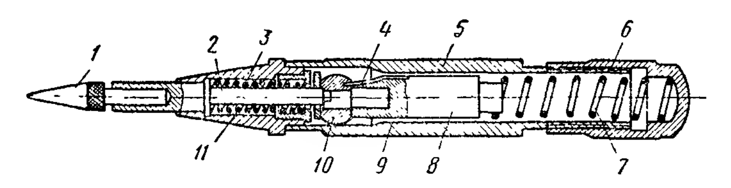


Рис. 142. Пружинный кернер:
1 — кернер, *2* — стержень, *3*, *5*, *6* — свинченные части, *4* — плоская пружина, *7*, *11* — спиральные пружины, *8* — ударник, *9* — заплечики, *10* — сухарь

ударник под действием силы сжатой пружины *7* наносит по концу стержня с кернером удар. Сразу после этого пружиной *11* восстанавливается начальное положение кернера. Сила удара 10—15 *кГ* регулируется ввинчиванием или отвинчиванием упорного колпачка *6*. Вместо кернера *1* в стержень *2* можно вставить клеймо и тогда механический кернер можно использовать для клеймения деталей.

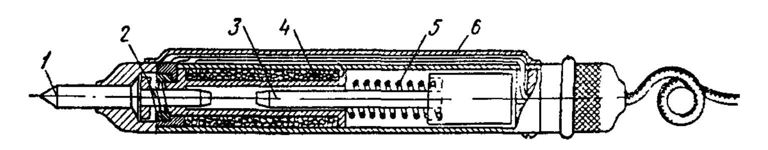


Рис. 143. Электрический кернер:
1 — кернер, *2*, *5* — пружины, *3* — ударник, *4* — катушки, *6* — корпус

Электрический кернер (рис. 143) состоит из корпуса *6*, пружин *2* и *5*, ударника *3*, катушки *4*, кернера *1*. При нажатии установленным на риске острием кернера электрическая цепь замыкается и ток, проходя через катушку, создает магнитное поле, ударник мгновенно втягивается в катушку и наносит удар по стержню кернера. Во время переноса кернера в другую точку пружина *5* размыкает цепь, а пружина *2* возвращает ударник в исходное положение. Электрический кернер отличается высокой производительностью.

Циркули используют для разметки окружностей и дуг, для деления отрезков, окружностей и для геометрических построений. Циркулями пользуются и для переноса размеров с измерительных линеек на деталь.

Разметочные циркули (ГОСТ 6601—53) бывают: простой или с дугой (рис. 144, *а*) и пружинный (рис. 144, *б*). Простой циркуль состоит из двух шарнирно соединенных ножек *1* (рис. 144, *а*) целых или со вставными иглами (рис. 144, *в*), он позволяет установку нужного раствора ножек фиксировать винтом *2*.

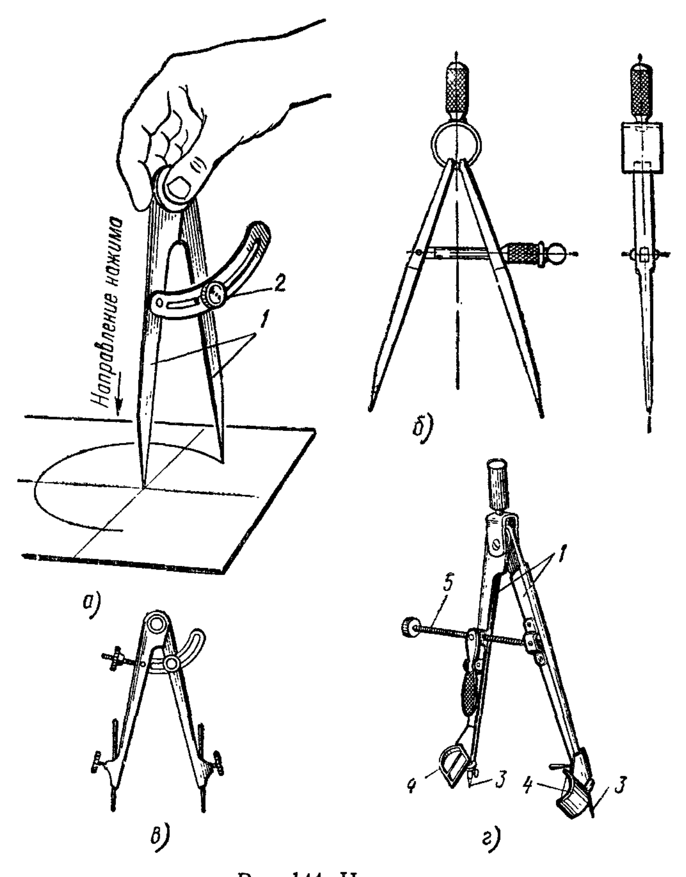


Рис. 144. Циркули:
а — с дугой, *б* — пружинный, *в* — со вставными иглами, *г* — с линзой; *1* — ножки, *2* — винт, *3* — иглы, *4* — разъемные линзы, *5* — микровинт

Слесари-новаторы, стремясь повысить точность разметки, совершенствуют конструкции циркулей.

Л. С. Новиков разработал конструкцию циркуля (рис. 144, *г*), состоящего из двух ножек *1*, снабженных на концах закаленными иглами *3*, и двух разъемных линз *4* с пятикратным увеличением. Линзы установлены так, что концы игл *3* находятся в фокусе. Это дает возможность отчетливо видеть острие иглы и точно совмещать

его с делениями масштабной линейки или с рисками размечаемой детали.

Для точной установки размеров циркуль имеет микрометрический винт *5*. Преимущества этого циркуля: удобство и высокая точность установки. Однако его детали требуют особо аккуратного обращения и хранения.

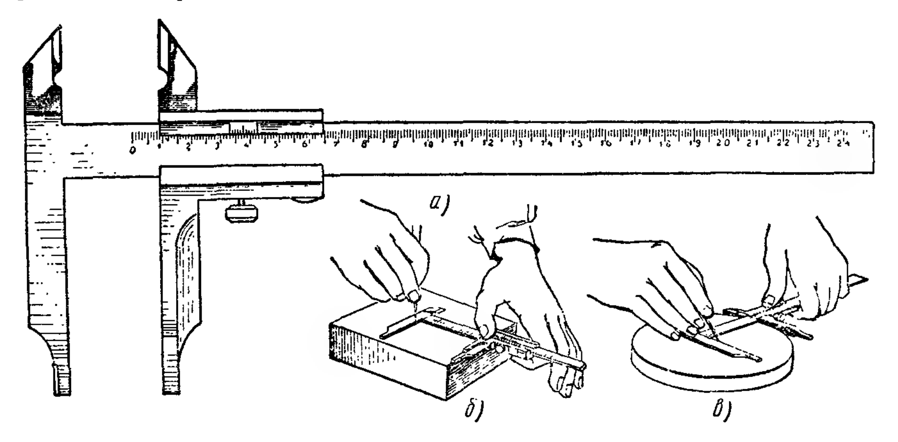


Рис. 145. Разметочный штангенциркуль:
а — устройство, *б* — разметка прямых линий, *в* — центров

Разметочный штангенциркуль (рис. 145, *а*) предназначен для точной разметки прямых линий (рис. 145, *б*) и центров (рис. 145, *в*).

Разметочный штангенциркуль (рис. 146) служит для разметки окружностей больших диаметров. Он имеет штангу *3* с миллиметровыми делениями и две ножки — неподвижную *2* со стопорным винтом *1* и подвижную *8* с рамкой *5* и нониусом *6*, стопорным винтом *4* для закрепления рамки *5*. Стопорный винт *7* служит для крепления вставной иглы *9*, которая перемещается вниз и вверх и может устанавливаться на разных уровнях.

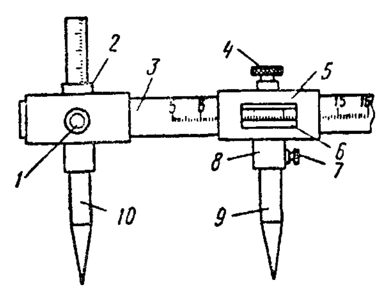


Рис. 146. Разметочный штангенциркуль:
1, 4, 7 — винты, *2* — неподвижная ножка, *3* — штанга, *5* — рамка, *6* — нониус, *8* — подвижная ножка, *9, 10* — иглы

На рис. 147 показан усовершенствованный разметочный штангенциркуль для разметки плоскостей. Он имеет штангу *9* с утолщенным концом, в который устанавливается резец *2*. По штанге перемещается рамка *6* с нониусом *3*. В нижней части рамки находится центр *13*, в отверстие которого вставляется сменная центрирующая коническая опора, закрепляемая зажимом *12*.

Рамка *6* при помощи микромет-

рического винта *11* соединяется с хомутиком *8*. Перемещается рамка *6* по штанге вручную и закрепляется зажимом *4*. Микрометрическая подача рамки осуществляется поворотом гайки *10* при закрепленном хомутике винтом *7*.

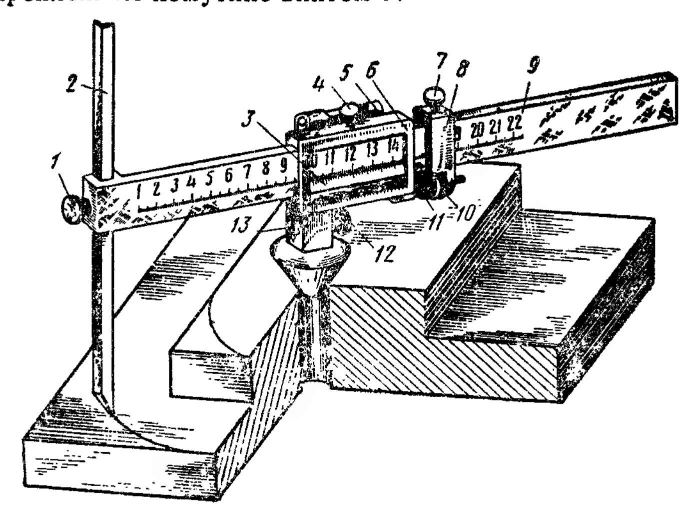


Рис. 147. Усовершенствованный разметочный штангенциркуль:

1 — стопорный зажим, *2* — резец, *3* — нониус, *4*, *12* — зажимы, *5* — уровень, *6* — рамка, *7* — винт, *8* — хомутик, *9* — штанга, *10* — гайка, *11* — микровинт, *13* — центр

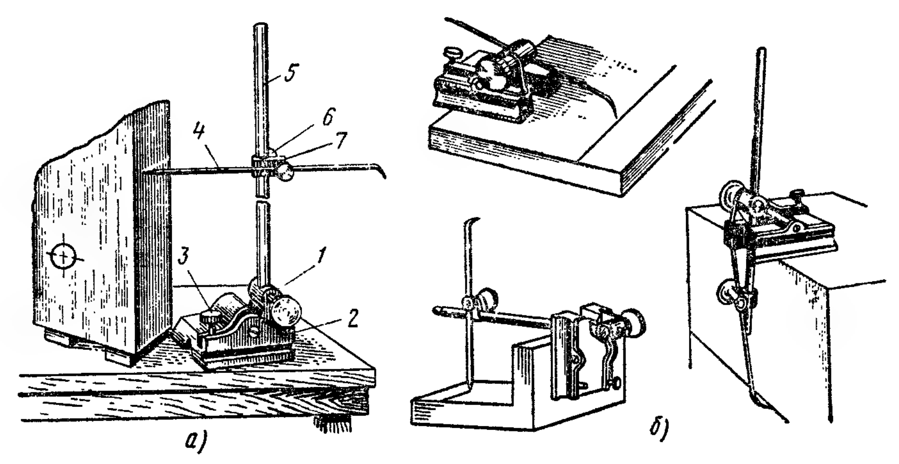


Рис. 148. Рейсмас (*а*) и его применение (*б*):

1 — планка, *2* — основание, *3* — установочный винт, *4* — чертилка, *5* — стойка (штатив), *6* — винт с гайкой, *7* — муфта

При разметке вначале устанавливают центрирующую опору, соответствующую базовому отверстию, затем на плоскость размечаемой детали устанавливают резец. После этого проверяют горизон-

тальное положение штангенциркуля по уровню *5*, закрепляют резец стопорным зажимом *1* и производят разметку.

Рейсмас является основным инструментом для пространственной разметки. Он служит для нанесения параллельных вертикальных и горизонтальных линий, а также для проверки установки деталей на плите. Рейсмас состоит из чугунного основания *2* (рис. 148, *а*), вертикальной стойки (штатива) *5*, винта с гайкой *6* для крепления чертилки *4*, установочного винта *3* для подводки иглы на точную установку размера, планки *1* и муфты *7*. Применение рейсмаса показано на рис. 148, *б*.

Для более точной разметки применяют рейсмас с микрометрическим винтом.

Штангенрейсмасы для разметки описаны в главе XIII «Основы измерения».

§ 67. ПОДГОТОВКА К РАЗМЕТКЕ

Перед разметкой необходимо выполнить следующее:

очистить заготовку от пыли, грязи, окалины, следов коррозии стальной щеткой и др.;

тщательно осмотреть заготовку, при обнаружении раковин, пузырей, трещин и т. п. их точно измерить и, составляя план разметки, принять меры к удалению этих дефектов в процессе дальнейшей обработки (если это возможно). Все размеры заготовки должны быть тщательно рассчитаны, чтобы после обработки на поверхности не осталось дефектов;

изучить чертеж размечаемой детали, выяснить особенности и размеры детали, ее назначение; мысленно наметить план разметки (установку детали на плите, способ и порядок разметки), особое внимание обратить на припуски на обработку. Припуски на обработку в зависимости от материала и размеров детали, ее формы, способа установки при обработке берут из справочников;

определить поверхности (базы) заготовки, от которых следует откладывать размеры в процессе разметки. При плоскостной разметке базами могут служить обработанные кромки заготовки или осевые линии, которые наносят в первую очередь. За базы также удобно принимать приливы, бобышки, платики;

подготовить поверхности к окрашиванию.

Окрашивание поверхностей. Для окраски используют различные составы.

Мел, разведенный в воде. На 8 *л* воды берут 1 *кг* мела. Состав доводят до кипения, затем для предохранения слоя краски от стирания в него добавляют жидкий столярный клей из расчета 50 *г* на 1 *кг* мела. После добавления клея состав еще раз кипятят. Во избежание порчи состава (особенно в летнее время), в раствор добавляют немного льняного масла и сиккатива. Такой краской покрывают черные необработанные заготовки. Окрашивание производится малярными кистями, однако этот способ малопроизводителен. Поэтому, когда это возможно, окрашивание выполняют при

помощи распылителей (пульверизаторов), которые, кроме ускорения работы, обеспечивают равномерную и прочную окраску.

Обыкновенный сухой мел. Им натирают размечаемые поверхности. Окраска получается менее прочной. Этим способом окрашивают необработанные поверхности мелких неответственных заготовок.

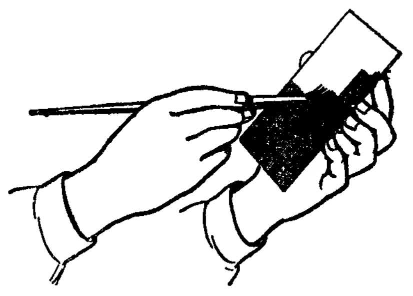


Рис. 149. Нанесение краски на заготовку

Раствор медного купороса. На стакан воды берут три чайные ложки купороса и растворяют его. Очищенную от пыли, грязи и масла поверхность покрывают раствором купороса кистью. На поверхности заготовки осаждается тонкий слой меди, на который хорошо наносятся разметочные риски. Этим способом окрашивают только стальные и чугунные заготовки с предварительно обработанными под разметку поверхностями.

Спиртовой лак. В раствор шеллака в спирте добавляют фуксин. Этот способ окраски применяют только при точной разметке обработанных поверхностей небольших изделий.

Быстросохнущие лаки и краски применяют для покрытия поверхностей больших обработанных стальных и чугунных отливок. Цветные металлы, горячекатаный листовой и профильный стальной материал лаками и красками не окрашиваются.

При нанесении краски (рис. 149) заготовку держат в левой руке в наклонном положении. Тонкий и равномерный слой краски наносят на плоскость перекрестными вертикальными и горизонтальными движениями кисти. Раствор во избежание потеков набирают только концом кисти в небольшом количестве.

§ 68. ПРИЕМЫ ПЛОСКОСТНОЙ РАЗМЕТКИ

Разметочные линии наносят в такой последовательности: сначала проводят горизонтальные, затем — вертикальные, после этого — наклонные и последними — окружности, дуги и закругления. Вычерчивание дуг в последнюю очередь дает возможность проконтролировать точность расположения прямых линий: если они нанесены точно, дуга замкнет их и сопряжения получатся плавными.

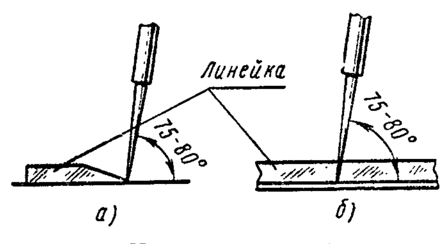


Рис. 150. Нанесение линий (рисок):
а — наклон чертилки в сторону от линейки, *б* — по направлению перемещения чертилки

Прямые линии наносят чертилкой, которая должна быть наклонена в сторону от линейки (рис. 150, *а*) и по направлению

перемещения чертилки (рис. 150, *б*). Углы наклона должны соответствовать указанным на рисунке и не изменяться в процессе нанесения рисок, иначе риски будут не параллельными линейке. Чертилку все время прижимают к линейке, которая должна плотно прилегать к детали.

Риску ведут только один раз. При повторном проведении линий невозможно попасть точно в то же место, в результате получается несколько параллельных линий. Если линия нанесена плохо, ее закрашивают и проводят вновь.

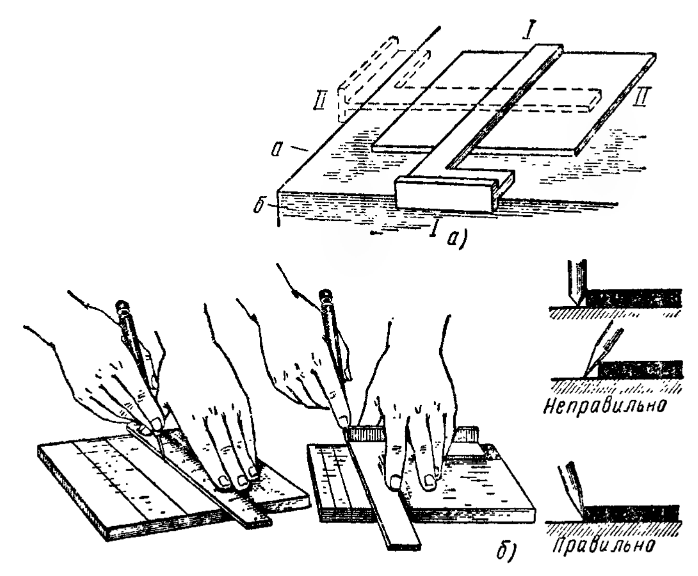


Рис. 151. Нанесение линий:
а — перпендикулярных, *б* — параллельных

Перпендикулярные линии (не в геометрических построениях) наносят при помощи угольника. Деталь (заготовку) кладут в угол плиты и слегка прижимают грузом, чтобы она не сдвигалась в процессе разметки. Первую риску проводят по угольнику, полку которого прикладывают к боковой поверхности *б* (рис. 151, *а*) разметочной плиты (положение угольника *I—I*). После этого угольник прикладывают полкой к боковой поверхности *а* (положение *II—II*) и проводят вторую риску, которая будет перпендикулярна первой.

Параллельные линии наносят при помощи угольника (рис. 151, *б*), перемещая его на нужное расстояние.

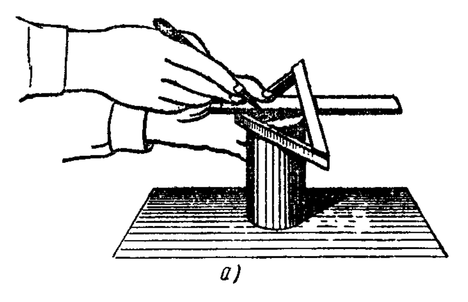
Отыскание центров окружностей осуществляют при помощи центроискателей и центронаметчиков. Простейший центроискатель (рис. 152, *а*) представляет угольник с прикрепленной к нему линейкой, являющейся биссектрисой прямого угла. Уста-

новив угольник-центроискатель на наружную поверхность изделия, проводят чертилкой прямую. Она пройдет через центр окружности. Повернув угольник на некоторый угол (около 90°), проводят вторую прямую. На их пересечении и находится искомый центр.

При малом диаметре размечаемого торца центроискателями пользоваться неудобно. В этом случае используют кернер-центроискатель.

Кернер - центроискатель (рис. 152, *б*) применяется для нанесения центров на цилиндрических деталях диаметром до 40 *мм*. Он имеет обыкновенный кернер *1*, помещенный в воронке (колоколе) *3*. В воронку вставлен фланец *2* с отверстием, в котором легко скользит кернер. Разметка заключается в том, что воронку прижимают к торцу изделия и молотком ударяют по головке *5* кернера. Под действием пружины *4* кернер всегда находится в верхнем положении.

Шарнирный центроискатель К. Ф. Крючека (рис. 152, *в*) имеет преимущества перед другими центроискателями. При помощи его находят положение центровых линий не только цилиндрических, но и конических, прямоугольных и других отверстий. Центроискатель имеет четыре шарнирно связанные между собой планки, соединенные пружинами. При работе центроискателя пружины прижимают концы планок к стенкам отверстия. Точки *А* и *Б*, нанесенные на оси шарниров, указывают положение взаимно перпендикулярных линий.



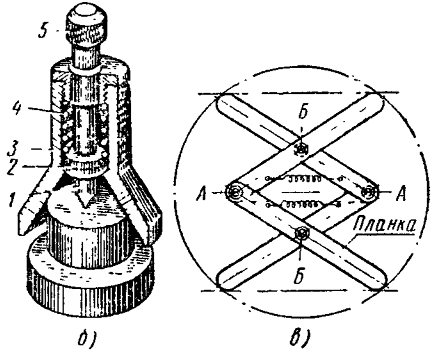


Рис. 152. Отыскание центров окружностей:

а — центроискателем, *б* — кернером-центроискателем, *в* — шарнирным центроискателем; *1* — кернер, *2* — фланец, *3* — колокол, *4* — пружина, *5* — головка

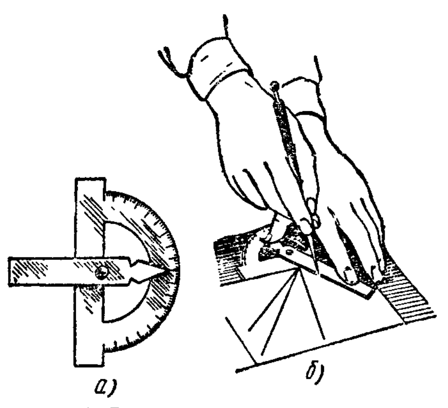


Рис. 153. Транспортир для разметки углов и уклонов (*а*) и его применение (*б*)

Разметка углов и уклонов производится при помощи транспортиров (рис. 153, *а*) и угломеров. При разметке транспортир (рис. 153, *б*) устанавливают на заданный угол, удерживая левой рукой основание его, а правой рукой поворачивая широкий конец линейки до тех пор, пока конец линейки, имеющий форму стрелки, не совпадет с делением заданных градусов, нанесенных на основании. После этого линейку закрепляют шарнирным винтом, а затем чертилкой наносят линии.

§ 69. НАКЕРНИВАНИЕ РАЗМЕТОЧНЫХ ЛИНИЙ

При работе кернер берут тремя пальцами левой руки, ставят острым концом точно на разметочную риску так, чтобы острие кернера было строго на середине риски (рис. 154, *а*). Сначала наклоняют кернер в сторону от себя и прижимают к намечаемой точке, затем быстро ставят в вертикальное положение, после чего по нему наносят легкий удар молотком весом 100—200 *Г* (рис. 154, *б*).

Центры кернов должны располагаться точно на разметочных линиях, чтобы после обработки на поверхности детали оставались половины кернов. Обязательно ставят керны на пересечениях рисок и закруглениях. На длинных линиях (прямых) керны наносятся на расстоянии от 20 до 100 *мм*; на коротких линиях, перегибах, закруглениях и в углах — на расстоянии от 5 до 10 *мм*. Линию окружности достаточно накернить в четырех местах — в местах пересечения осей. Керны, нанесенные неравномерно, а также не на самой риске, не обеспечивают возможности контроля. На обработанных поверхностях деталей керны наносят только на концах линий. Иногда на чисто обработанных поверхностях риски не накернивают, а продолжают их на боковые грани и накернивают там.

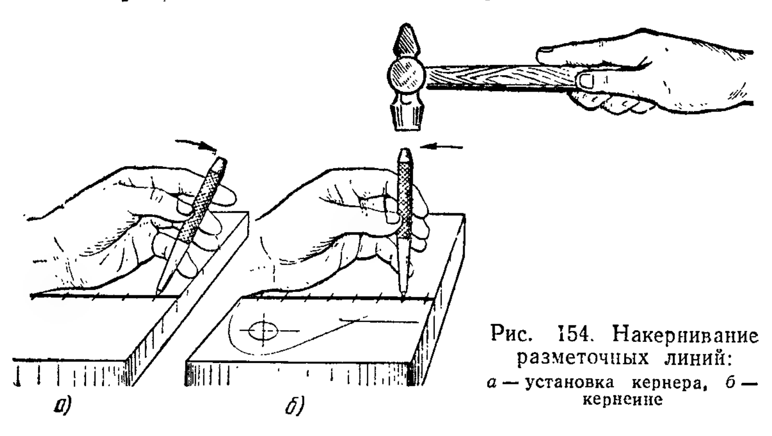


Рис. 154. Накернивание разметочных линий:
а — установка кернера, *б* — кернение

Разметочный молоток. Для разметочных работ слесарем В. М. Гавриловым изготовлен оригинальный молоток (рис. 155). Особенность молотка состоит в том, что в его корпус *1* вмонтирова-

на четырехкратная лупа *5*, которая дает возможность слесарю или разметчику использовать инструмент и в качестве молотка и в качестве лупы. Чертилка *3* и кернер *2* помещаются в каналах деревянной рукоятки *4* молотка. Лупа для амортизации удара установлена в резиновой обойме. Молоток удобен в работе, повышает производительность труда, так как избавляет слесаря или разметчика от необходимости перехватывать рукой молоток и лупу для нанесения удара, повышает культуру производства.

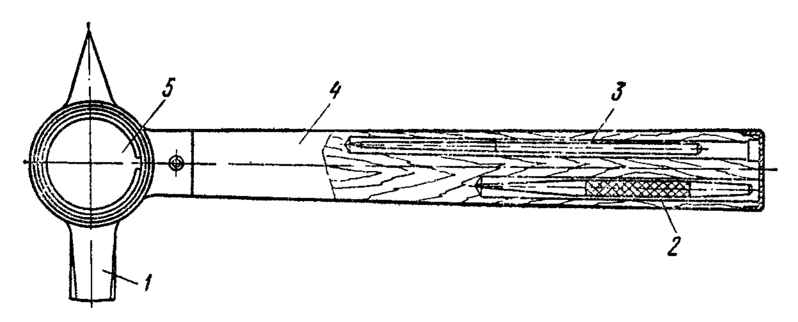


Рис. 155. Разметочный молоток:
1 — корпус, *2* — кернер, *3* — чертилка, *4* — рукоятка, *5* — лупа

Разметку по чертежу гаечного ключа (рис. 156, *а*, *б*) выполняют в такой последовательности: заготовку, полученную ковкой или штамповкой, проверяют по чертежу, закрашивают купоросом, кладут на разметочную плиту.

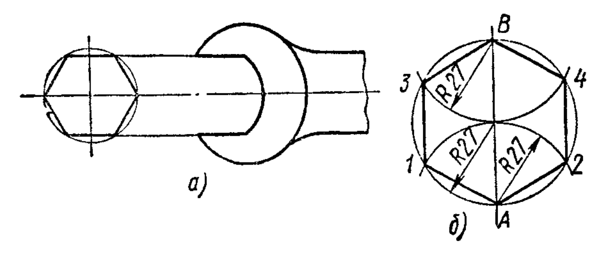


Рис. 156. Разметка гаечного ключа:
а — ключ и соответствующий его зеву шестигранник, *б* — разметка

В зевы ключа забивают деревянные планки и проводят продольную осевую линию. Циркулем наносят окружность, размер которой указан на чертеже, после чего ее делят на шесть равных частей, например по 27 *мм*. В центре размечаемой плоскости циркулем проводят окружность радиусом 27 *мм*. Линейкой и чертилкой наносят риску, пересекающую окружность в точках *А* и *В* (см. рис. 156, *б*). Из точки *А* как из центра наносят дугу $R=27$ *мм* с пересечением окружности и образованием точек *1* и *2*.

Аналогично проводят дуги из точки *В*, образуя точки *3* и *4*. Полученные точки *1*, *2*, *3* и *4* и концевые точки диаметра *А* и *В* будут искомыми точками деления окружности на шесть частей. Соединяя точки *А*—*2*, *2*—*4*, *4*—*В*, *В*—*3*, *3*—*1* и *1*—*А* прямыми рисками, получают разметку вписанного шестиугольника.

Большое количество одинаковых деталей размечают по шаблону.

Разметка по шаблону обычно применяется при изготовлении больших партий одинаковых по форме и размерам деталей, иногда для разметки даже малых партий, но сложных изделий (рис. 157). Шаблоны изготовляются из листового материала толщиной 0,5—1 *мм*, а для деталей сложной формы или имеющих отверстия — толщиной 3—5 *мм*. При разметке шаблон накладывают на окрашенную заготовку и проводят риску чертилкой по контуру шаблона.

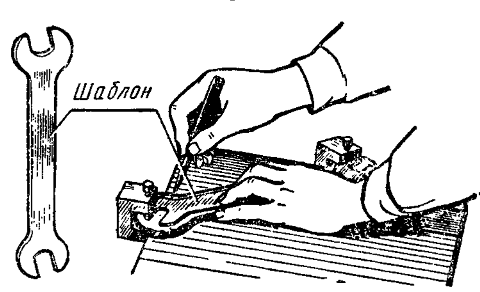


Рис. 157. Разметка по шаблону

Иногда шаблон служит кондуктором, по которому деталь обрабатывают без разметки. Для этого шаблон накладывают на заготовку, затем сверлят отверстия и обрабатывают боковые поверхности.

Целесообразность применения шаблона состоит в том, что разметочная работа, на которую затрачивается много времени, выполняется только один раз при изготовлении шаблона. Все последующие операции разметки представляют собой только копирование очертания шаблона. Разметочные шаблоны могут также использоваться и для контроля детали после обработки.

Разметка по образцу отличается от разметки по шаблону тем, что при этом не изготавливают шаблон. Этот способ широко применяют при ремонтных работах, когда размеры снимают непосредственно с вышедшей из строя детали и переносят на размечаемый материал. При этом учитывают износ.

Разметку по месту чаще применяют при сборке больших деталей. Одну деталь размечают по другой в таком положении, в каком они должны быть соединены.

Разметка карандашом производится, как и чертилкой, по линейке на заготовках из алюминия и дюралюминия. Размечать алюминиевые и дюралюминиевые детали при помощи чертилки не разрешается, так как при нанесении рисок разрушается защитный слой и создаются условия для появления коррозии.

Точная разметка выполняется теми же приемами, как и обычная разметка, но применяют более точные измерительные и разметочные инструменты. Поверхности размечаемых заготовок тщательно очищают и покрывают тонким слоем раствора медного купороса.

Мел применять для окраски не рекомендуется, так как он быстро стирается, прилипает к рукам и загрязняет инструмент.

При нанесении рисок пользуются штангеирейсмасом с точностью 0,05 *мм*, а установку и выверку заготовок производят по индикатору. Более точную установку можно получить, применяя плоскопараллельные меры длины (плитки), закрепляя их в специальных державках. Риски проводят неглубокие, а накернивание производят острозаточенным кернером с тремя ножками, расположенными под углом 90°.

Брак при разметке. Наиболее частыми видами брака при разметке являются:

несоответствие размеров размеченной заготовки данным чертежа вследствие невнимательности разметчика или неточности разметочного инструмента;

неточность установки рейсмаса на нужный размер. Причиной является невнимательность или неопытность разметчика, грязная поверхность плиты или заготовки;

небрежная установка заготовки на плите в результате неточной выверки плиты;

установка заготовки на невыверенную плиту.

Техника безопасности. При выполнении разметочных работ необходимо соблюдать следующие правила техники безопасности:

установку заготовок (деталей) на плиту и снятие с плиты необходимо выполнять только в рукавицах;

заготовки (детали), приспособления надежно устанавливать не на краю плиты, а ближе к середине;

перед установкой заготовок (деталей) на плиту следует ее проверить;

во время работы на свободные (не используемые) острозаточенные концы чертилок обязательно надевать предохранительные пробки или специальные колпачки.

Вопросы для самопроверки

1. Почему разметочные риски нужно наносить за один раз?
2. Как подготовляют поверхности размечаемых заготовок?
3. Как найти центр окружности на плоской заготовке?
4. Назовите виды и причины брака при разметке.

Глава XVIII

РУБКА МЕТАЛЛА

§ 70. ОБЩИЕ ПОНЯТИЯ О РУБКЕ. СУЩНОСТЬ ПРОЦЕССА РЕЗАНИЯ МЕТАЛЛА

Рубкой называется слесарная операция, при которой с помощью режущего инструмента (зубила) с заготовки или детали удаляются лишние слои металла или заготовка разрубается на части.

Рубка производится в тех случаях, когда по условиям производства станочная обработка трудно выполнима или нерациональна и когда не требуется высокой точности обработки.

Рубка применяется для удаления с заготовки больших неровностей, снятия твердой корки, заусенцев, острых углов кромок на литых и штампованных деталях, для вырубания шпоночных пазов, канавок, для разделки трещин в деталях под сварку (раз-

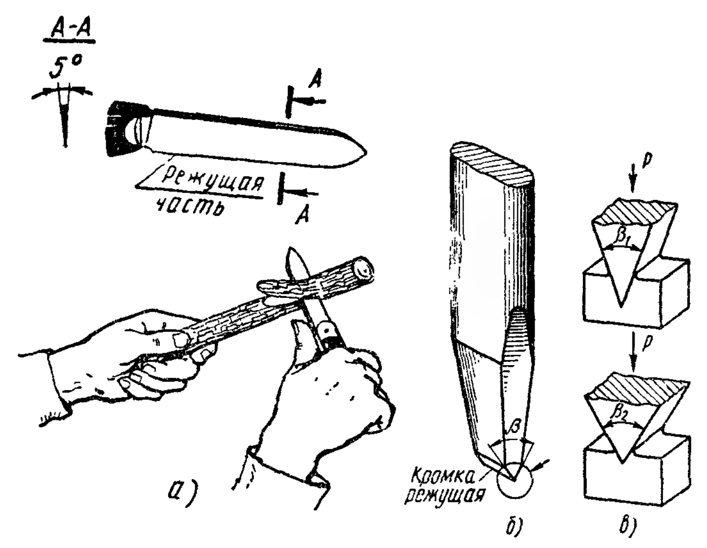


Рис. 158. Нож — простейший вид клина (*а*), зубило — клин (*б*), зависимость силы внедрения от угла заострения (*в*):

P — сила удара, β — угол заострения, β_1 — небольшой угол, β_2 — большой угол

делка кромок). Кроме того, рубка применяется тогда, когда необходимо от пруткового, полосового, или листового материала отрубить какую-то часть.

Заготовку перед рубкой закрепляют в тиски. Крупные заготовки рубят на плите или наковальне, а особо крупные на том месте, где они находятся.

В зависимости от назначения обрабатываемой детали рубка может быть чистовой и черновой. В первом случае зубилом за один проход снимают слой металла толщиной от 0,5 до 1 *мм* во втором — от 1,5 до 2 *мм*. Точность обработки, достигаемая при рубке, составляет 0,4—1,0 *мм*.

Резанием называется процесс удаления с обрабатываемой заготовки (детали) лишнего слоя металла в виде стружки, осуществляемый при помощи режущих инструментов. Процесс резания осуществляется при выполнении большинства слесарных операций: рубки, резания, опиливания, сверления, шабрения, притирки.

Форма режущей части (лезвия) любого металлорежущего инструмента представляет собой клин, заточенный с определенными

углами (зубило, резец), или несколько клиньев (ножовочное полотно, метчик, плашка, фреза, напильник).

Если посмотреть на острие ножа (рис. 158, *а*), которым строгают деревянный колышек, то будет видна клинообразная форма, которая образуется боковыми поверхностями ножа. Угол между двумя поверхностями ножа составляет примерно 5°.

Зубило представляет собой простейший режущий инструмент, в котором форма клина особенно четко выражена (рис. 158, *б*).

В зависимости от того, как будет заострен режущий клин (рис. 158, *в*), как он будет установлен по отношению к плоскости (поверхности) детали и как будет направлена сила, двигающая клин в слое металла, можно получить наибольший или наименьший выигрыш в затрате труда, в качестве обработки, а также в количестве израсходованных инструментов.

Рис. 159. Элементы резания и геометрия режущей части зубила

Чем острее клин, т. е. меньше угол, образованный его сторонами, тем меньшее усилие потребуется для его углубления в материал.

Теорией и практикой резания установлены определенные углы заострения режущих инструментов для различных металлов. Элементы резания и геометрическая форма режущей части зубила изображены на рис. 159.

На обрабатываемой заготовке различают следующие поверхности: обрабатываемую, обработанную, а также поверхность резания.

Обрабатываемой поверхностью называется поверхность, с которой будет сниматься слой материала (стружка).

Обработанной поверхностью называется поверхность, с которой снят слой металла (стружка).

Поверхность, которая образуется на обрабатываемой детали непосредственно режущей кромкой инструмента, называется поверхностью резания.

Поверхность, по которой сходит стружка, называется передней поверхностью (гранью).

Поверхность зубила, обращенная к обработанной заготовке, называется задней поверхностью.

Режущая кромка — линия пересечения передней и задней поверхностей.

Процесс резания обеспечивается благодаря наличию у режущего инструмента переднего и заднего углов.

Передний угол γ — это угол, который находится между передней поверхностью инструмента и плоскостью, перпендикулярной поверхности резания. Чем больше передний угол у инструмен-

та, тем меньше угол заострения и тем, следовательно, меньше будет усилие резания, но менее прочной будет режущая его часть. Обозначается передний угол буквой γ (гамма).

Задний угол α образуется задней поверхностью клина и поверхностью резания. Задний угол инструмента должен быть очень небольшим, чтобы не ослабить его режущую часть. Для зубил он равен 3—8°. Если зубило наклонить под большим углом, оно врежется в обрабатываемую поверхность; при меньших углах зубило скользит, не производя резания. Этот угол уменьшает трение задней поверхности инструмента об обработанную поверхность.

Углом заострения β называется угол, заключенный между передней и задней поверхностями инструмента.

Угол резания δ — угол между передней поверхностью инструмента и поверхностью резания; он равен сумме угла заострения и заднего угла, т. е.

$$\delta = \beta + \alpha.$$

Действие клинообразного инструмента на обрабатываемый металл изменяется в зависимости от положения оси клина и направления действия силы P.

Различают два основных вида работы клина:

ось клина и направление действия силы P перпендикулярны поверхности заготовки. В этом случае заготовка разрубается;

ось клина и направление действия силы P образуют с поверхностью заготовки угол меньше 90°. В этом случае с заготовки снимается стружка.

При работе клина его передняя поверхность сжимает находящийся перед нею слой металла, отдельные его частицы смещаются относительно друг друга; когда напряжение в металле превысит прочность металла, происходит сдвиг, скалывание его частиц, в результате чего образуется стружка.

Различают следующие виды стружки:

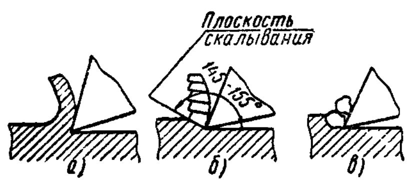


Рис. 160. Виды стружек:
а — сливная, *б* — скалывания, *в* — надлома

сливная (рис. 160, *а*) — образуется при обработке вязких металлов (мягкая сталь, медь, алюминий) и имеет вид непрерывной, затягивающейся в спираль ленты без зазубрин;

скалывания (ступенчатая — рис. 160, *б*) — образуется при обработке более твердых сплавов металлов (сталь) и имеет вид ленты; одна ее сторона, обращенная к обработанной поверхности, гладкая, блестящая, а противоположная — с ярко выраженными отдельными и прочно связанными между собой элементами;

надлома (рис. 160, *в*) — образуется при обработке хрупких и твердых металлов — чугуна, бронзы и т. п.; состоит из отдельных, как бы выломанных элементов, разнообразных по форме и не связанных или очень слабо связанных между собой.

§ 71. ИНСТРУМЕНТЫ ДЛЯ РУБКИ

Слесарное зубило (ГОСТ 7211—54) представляет собой металлический стержень, изготовленный из инструментальной углеродистой стали У7А, У7, У8 и У8А. Зубило состоит из трех частей: рабочей, средней и ударной (рис. 161, *а*). Рабочая часть *2* зубила представляет собой стержень с клиновидной режущей частью *1* на конце, заточенной под определенным углом. Ударная часть *4* сделана суживающейся кверху, вершина ее закруглена. Угол заострения (угол между боковыми гранями) выбирается в зависимости от твердости обрабатываемого металла. За среднюю часть *3* зубило держат при рубке. Рекомендуемые углы заострения зубила для некоторых материалов следующие (град.):

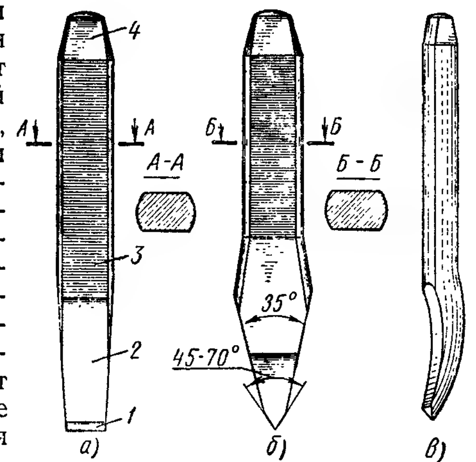


Рис. 161. Инструменты для рубки:
а — зубило, *б* — крейцмейсель, *в* — канавочник

Для твердых материалов (твердая сталь, бронза, чугун)	70
Для материалов средней твердости (сталь)	60
Для мягких материалов (медь, латунь)	45
Для алюминиевых сплавов	35

Зубило изготовляют длиной 100, 125, 150, 175 и 200 *мм*, ширина режущей кромки соответственно равна 5, 10, 15, 20 и 25 *мм*.

Рабочая часть зубила на длине 0,3—0,5 L закаливается и отпускается. После термической обработки режущая кромка должна иметь твердость *HRC* 52—57, боек — *HRC* 32—40.

При испытании зубила на прочность и стойкость им отрубают зажатую в тиски стальную полосу марки Ст6 толщиной 3 *мм* и шириной 50 *мм*. После испытания на лезвии зубила не должно быть вмятин, выкрошенных мест и заметных следов затупления.

Степень закалки зубила можно определить личным напильником, которым проводят по закаленной части зубила. Если при этом напильник не снимает стружку с закаленной части зубила (на ней остаются лишь едва заметные риски), закалка выполнена хорошо.

Крейцмейсель (рис. 161, *б*) отличается от зубила более

узкой режущей кромкой, предназначен для вырубания узких канавок, шпоночных пазов и т. п. Однако довольно часто им пользуются для срубания поверхностного слоя с широкой чугунной плиты: сначала крейцмейселем прорубают канавки, а оставшиеся вы-

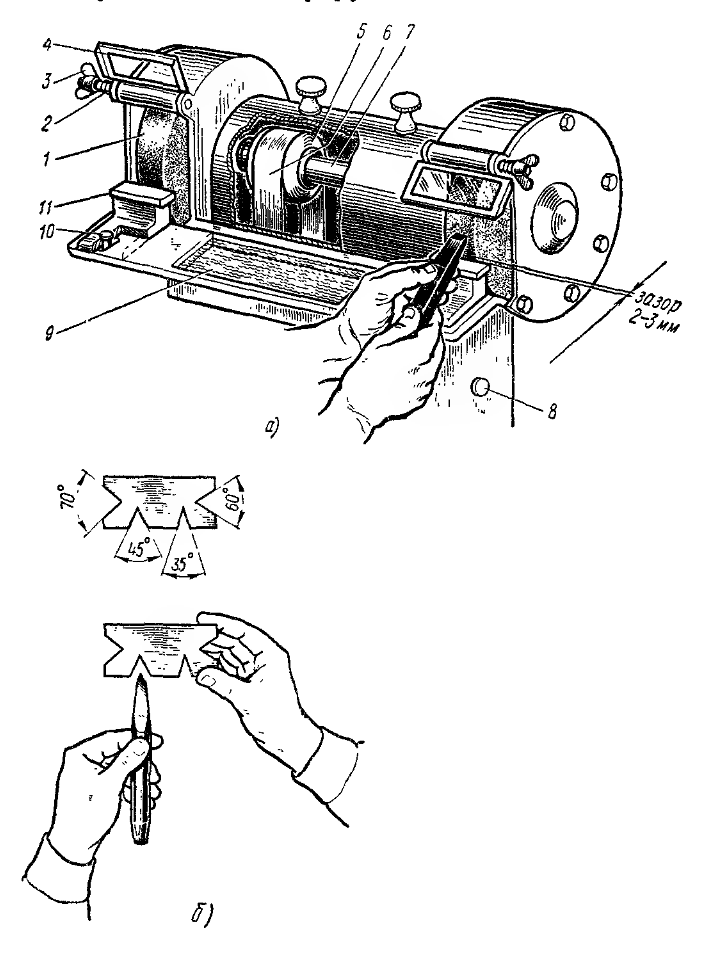


Рис. 162. Заточка зубила на заточном станке (*а*), проверка углов заточки (*б*): *1* — абразивный круг, *2* — пружина, *3* — гайка-барашек, *4* — экранчик, *5* — шкив, *6* — ремень, *7* — вал, *8* — магнитный пускатель, *9* — ванночка для охлаждающей жидкости, *10* — регулировочный болт, *11* — подручник

ступы срубают зубилом. Материалы для изготовления крейцмейселя и углы заострения, твердость рабочей и ударных частей те же, что и для зубила.

Для вырубания профильных канавок — полукруглых, двугранных и др. применяют специальные крейцмейсели, называемые **канавочниками** (рис. 161, *в*), отличающиеся от крейцмейселя

только формой режущей кромки. Канавочники изготовляют из стали У8А длиной 80, 100, 120, 150, 200, 300 и 350 *мм*.

Заточка зубил и крейцмейселей производится на заточном станке (рис. 162, *а*). Для заточки зубило или крейцмейсель накладывают на подручник *11* и с легким нажимом медленно передвигают по всей ширине абразивного круга, периодически поворачивая инструмент то одной, то другой стороной. Не следует допускать сильных нажимов на затачиваемый инструмент, так как это приводит к перегреву режущей кромки, в результате чего лезвие теряет первоначальную твердость.

Заточку лучше всего вести с охлаждением водой, в которую добавлено 5% соды, или на мокром круге. Несоблюдение этого условия вызывает повышенный нагрев, отпуск и уменьшение твердости инструмента, а следовательно, и стойкости в работе. Боковые грани после заточки должны быть плоскими, одинаковыми по ширине и с одинаковыми углами наклона. Величина угла заострения проверяется шаблоном, представляющим собой пластинки с угловыми вырезами 70, 60, 45 и 35° (рис. 162, *б*). После заточки зубила или крейцмейселя с режущих кромок снимают заусенцы.

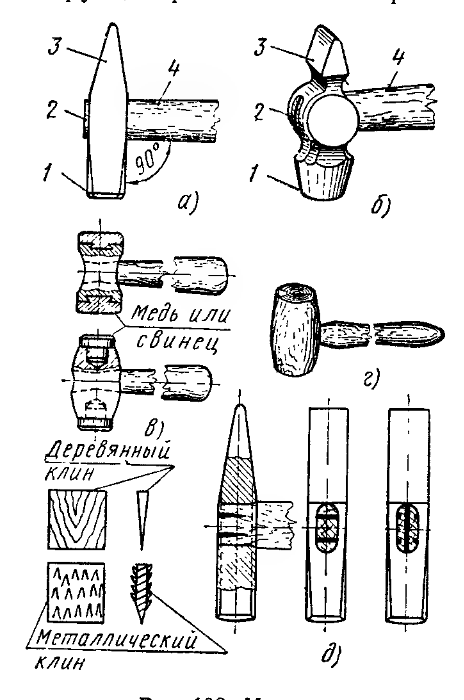


Рис. 163. Молотки:

а — с квадратным бойком, *б* — с круглым бойком, *в* — со вставками из мягкого металла, *г* — деревянный (киянка); *д* — расклинивание ручек

Слесарные молотки изготовляются двух типов: 1 — молотки с круглым бойком (рис. 163, *б*) и *2* — молотки с квадратным бойком (рис. 163, *а*). Основной характеристикой молотка является его масса.

Слесарные молотки с круглым бойком изготовляют шести номеров. Молотки № 1 массой 200 *г* рекомендуется применять для инструментальных работ, а также для разметки и правки молотки № 2 массой 400 *г*, № 3 500 *г* и № 4 600 *г* — для слесарных работ; молотки № 5 800 *г* и № 6 1000 *г* применяются редко (при ремонтных работах).

Слесарные молотки с квадратным бойком по ГОСТ 2310—70 изготовляют восьми номеров: № 1 массой 50 *г*, № 2 100 *г* и № 3 200 *г* — для слесарно-инструментальных работ; № 4 400 *г*, № 5 500 *г*, № 6 600 *г* — для слесарных работ: рубки,

гибки, клепки и др.; № 7 800 *г* и № 8 1000 *г* применяют редко (при выполнении ремонтных работ).

Для тяжелых работ применяют молотки массой от 4 до 16 *кг*, называемые кувалдами.

Противоположный бойку конец молотка называется носком. Носок имеет клинообразную форму, скругленную на конце. Носком пользуются при правке, расклепывании и т. д. Бойком наносят удары по зубилу или крейцмейселю.

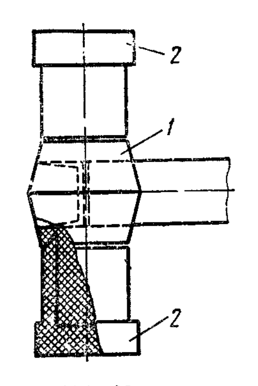


Рис. 164. Молоток с накостыльниками из твердой резины

Изготовляются молотки из стали 50 и 40Х и инструментальной углеродистой стали У7 и У8. В средней части молотка имеется отверстие овальной формы, служащее для крепления рукоятки.

Рабочие части молотка — боек квадратной или круглой формы и носок клинообразной формы — термически обрабатывают до твердости *HRC* 49—56. Рукоятки молотка делают из твердых пород дерева (кизила, рябины, дуба, клена, граба, ясеня, березы или из синтетических материалов).

Рукоятка имеет овальное сечение, отношение малого сечения к большому 1 : 1,5, т. е. свободный конец в 1,5 раза толще конца, на который насаживается молоток.

Конец, на который насаживается молоток, расклинивается деревянным клином, смазанным столярным клеем, или металлическим клином, на котором делают насечки (ерши). Толщина клиньев в узкой части 0,8—1,5 *мм*, а в широкой 2,5—6 *мм*. Если отверстие молотка имеет только боковое расширение, забивают один продольный клин; если расширение идет вдоль отверстия, то забивают два клина (рис. 163, *б*) и, наконец, если расширение отверстия направлено во все стороны, забивают три стальных или три деревянных клина, располагая два параллельно, а третий перпендикулярно к ним. Правильно насаженным считается такой молоток, у которого ручка образует прямой угол с осью молотка.

Помимо обычных стальных молотков, в некоторых случаях, например при сборке машин, применяют так называемые мягкие молотки со вставками из меди, фибры, свинца и алюминиевых сплавов (рис. 163, *в*). При ударах, наносимых мягким молотком, поверхность материала заготовки не повреждается. Из-за дефицитности меди, свинца и быстрого износа эти молотки дороги в эксплуатации. В целях экономии металлов медные или свинцовые вставки заменяют резиновыми, дешевыми и более удобными в работе. Такой молоток (рис. 164) состоит из стального корпуса *1*, на цилиндрические концы которого надеты накостыльники *2* из твердой резины. Резиновые накостыльники достаточно стойки против ударов и при износе легко заменяются новыми. Молотки этой конструкции применяются при точных сборочных работах, особенно

когда приходится иметь дело с деталями невысокой твердости.

В некоторых случаях, в особенности при изготовлении изделий из тонкого листового железа, применяются деревянные молотки (киянки) (см. рис. 163, *г*).

§ 72. ТЕХНИКА РУБКИ

Для рубки используют возможно более прочные и тяжелые тиски (предпочтительно стуловые) с шириной губок не менее 130—150 *мм*. Правильное положение корпуса, держание (хватка) инструмента при рубке имеют большое значение.

Для слесарной рубки используются поворотные и неповоротные параллельные тиски с шириной губок 100—140 *мм*. Для тяжелой кузнечной рубки применяют стуловые тиски с шириной губок от 130 до 150 *мм*, которые крепят на специальной тумбе.

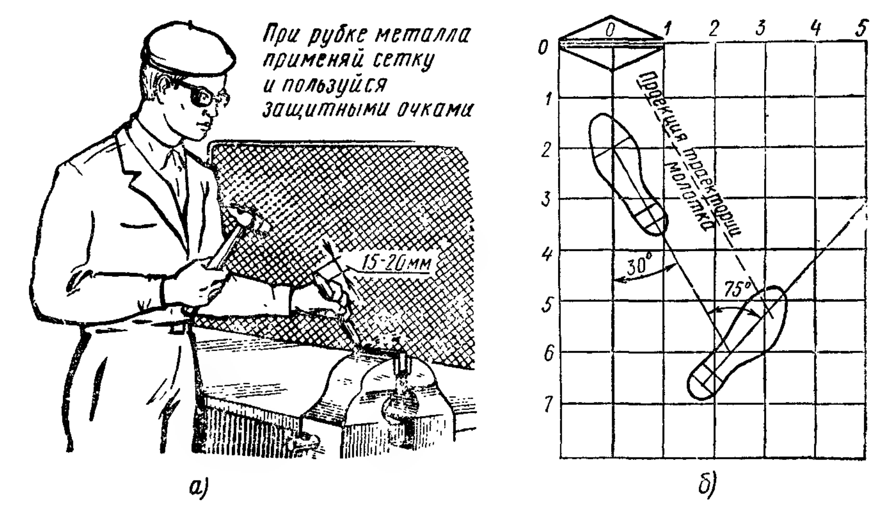


Рис. 165. Техника рубки:
а — положение корпуса, *б* — положение ног

При рубке металла зубилом решающее значение имеет положение рабочего (установка корпуса и ног), которое должно создавать наибольшую устойчивость центра тяжести тела при ударе.

Положение корпуса и ног. Установка корпуса рабочего при рубке зубилом будет правильной, если он выпрямлен и обращен в полоборота (45°) к оси тисков (рис. 165, *а*), левая нога выставлена на полшага вперед, а угол, образуемый линиями осей ступней, будет составлять в зависимости от силы удара 60—75° (рис. 165, *б*).

Держание (хватка) зубила. Зубило берут в левую руку за среднюю часть на расстоянии 15—20 *мм* от конца ударной части. Удары наносят правой рукой (см. рис. 165, *а*). Левая рука

только держит зубило в определенном положении; сильно сжимать в руке зубило не следует. При движениях правой руки, наносящей удары по зубилу, левая рука играет роль балансира при последовательных установках инструмента.

Держание (хватка) молотка. Молоток берут правой рукой за рукоятку на расстоянии 15—30 *мм* от ее конца, обхватывая четырьмя пальцами и крепко прижимая к ладони, большой палец накладывая на указательный, крепко сжимая всеми пальцами. Все пальцы остаются в таком положении при замахе и при ударе. Этот способ называется «нанесение кистевого удара без разжатия пальцев» (рис. 166, *а*). При другом способе хватки в начале замаха мизинец, безымянный и средний пальцы постепенно разжимают и рукоятку молотка охватывают только указательным и большим пальцами. Затем разжатые пальцы сжимают и ускоряют движение руки вниз. В результате получается сильный удар молотка. Этот способ называется «нанесение удара с разжатием пальцев» (рис. 166, *б*).

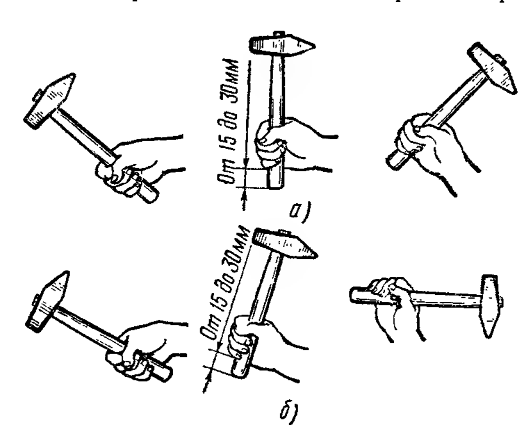


Рис. 166. Держание (хватка) молотка:
а — без разжатия пальцев, *б* — с разжатием пальцев

Удары молотком. Существенное влияние на качество и производительность рубки оказывает характер удара молотком. Удар может быть кистевым, локтевым или плечевым.

При кистевом ударе (рис. 167, *а*) замах осуществляют молотком только за счет изгиба кисти правой руки. При этом замахе сгибают кисть в запястье до отказа, разжав слегка пальцы, кроме большого и указательного, при этом мизинец не должен сходить с рукоятки молотка. Затем пальцы сжимают и наносят удар. Кистевой удар применяют при выполнении точных работ, легкой рубке, снятии тонких слоев металла и т. д.

При локтевом ударе (рис. 167, *б*) правую руку сгибают в локте. При замахе действуют пальцы руки, которые разжимаются и сжимаются, кисть (движение ее вверх, а затем вниз) и предплечье. Для получения сильного удара руку разгибают достаточно быстро. Этим ударом пользуются при обычной рубке, при снятии слоя металла средней толщины или при прорубании пазов и канавок.

При плечевом ударе (рис. 167, *в*) рука движется в плече, при этом получается большой замах и максимальной силы удар с плеча. В этом ударе участвуют плечо, предплечье и кисть.

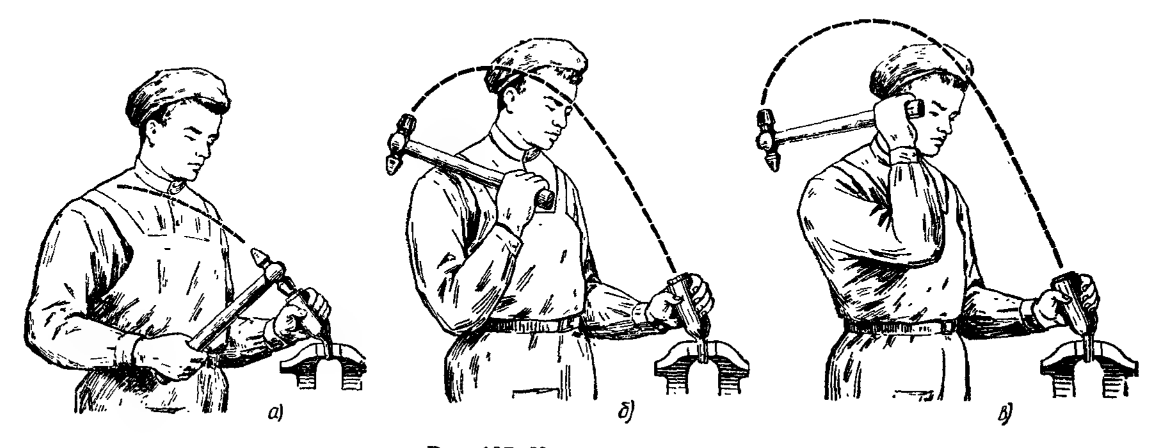


Рис. 167. Удары молотком:
а — кистевой, *б* — локтевой, *в* — плечевой

Плечевым ударом пользуются при снятии толстого слоя металла и обработке больших плоскостей.

Сила удара должна соответствовать характеру работы, а также весу молотка (чем тяжелее молоток, тем сильнее удар), длине рукоятки (чем длинее ручка, тем сильнее удар), длине руки работающего (чем длиннее рука и выше замах, тем сильнее удар). При рубке действуют обеими руками согласованно, метко наносят удары правой рукой, перемещая в определенные промежутки времени зубило левой рукой.

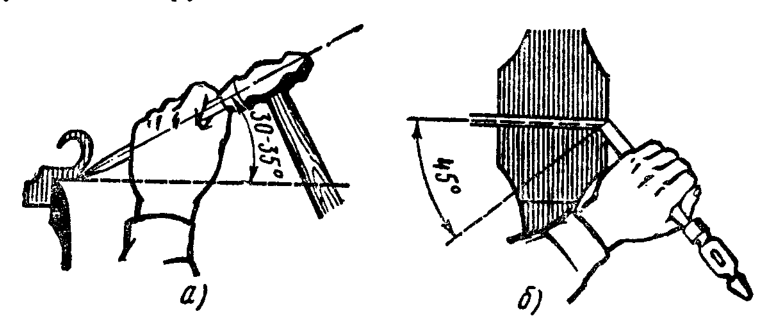


Рис. 168. Правильная установка зубила при рубке в тисках:
а — наклон зубила к обрабатываемой поверхности, *б* — наклон к продольиой оси губок

Угол установки зубила при рубке в тисках регулируют так, чтобы лезвие находилось на лииии снятия стружки, а продольная ось стержня зубила находилась под углом 30—35° к обрабатываемой поверхности (рис. 168, *а*) заготовки и под углом 45° к продольной оси губок тисков (рис. 168, *б*). При меньшем угле наклона зубило будет скользить, а не резать, а при большем — углубляться в металл и давать большую неровность. Угол наклона зубила при рубке не измеряют, опытный слесарь по навыку ощущает наклон и регулирует его движением левой руки.

Во время рубки смотрят на режущую часть зубила, а не на боек, как это часто делает ученик-слесарь, и следят за правильным положением лезвия зубила. Удары наносят по центру бойка сильно, уверенно и метко.

Выбор массы молотка. Массу слесарного молотка выбирают в зависимости от размера зубила и толщины снимаемого слоя металла (обычно толщнна стружки составляет 1—2 *мм*) из расчета 40 *г* на 1 *мм* длины лезвия зубила. При работе крейцмейселем массу молотка принимают из расчета 80 *г* на 1 *мм* длины лезвия.

При выборе молотка учитывают также и физическую силу рабочего. Масса молотка для ученика должна быть 400 *г*, для молодого рабочего 16—17 лет — 500 *г*, для взрослого рабочего — 600—800 *г*. Удар осуществляют не за счет излишних мускульных усилий, ведущих к быстрому утомлению, а вследствие ускоренного

падения молотка. В момент нанесения удара рукоятку молотка прочно зажимают пальцами: слабо удерживаемый молоток при неточном ударе отскочит в сторону.

§ 73. ПРИЕМЫ РУБКИ

Работа зубилом вручную требует выполнения основных правил рубки и соответствующей тренировки.

Разрубание металла. При разрубании металла зубило устанавливают вертикально и рубку ведут плечевым ударом. Листовой металл толщиной до 2 *мм* обычно разрубают с одного удара, поэтому под него подкладывают прокладку из мягкой стали. Листовой металл толщиной более 2 *мм* или полосовой материал надрубают примерно на половину толщины с обеих сторон, а затем ломают, перегибая его поочередно в одну и другую сторону, или отбивают (рис. 169).

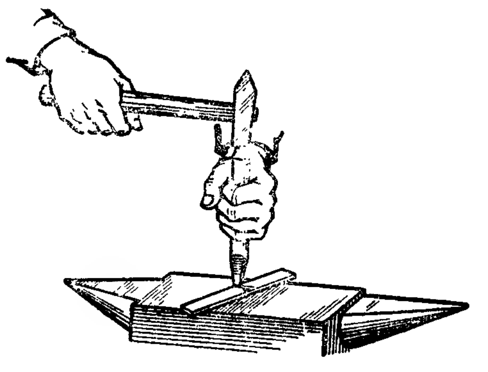


Рис. 169. Рубка полосового металла

Вырубка заготовок из листового металла. После разметки контура изготовляемой детали заготовку кладут на плиту и производят вырубку (не по линии разметки, а отступив от нее 2—3 *мм*) в такой последовательности:

устанавливают зубило наклонно так, чтобы лезвие было направлено вдоль разметочной риски (рис. 170, *а*);

зубилу придают вертикальное положение и наносят молотком легкие удары, надрубая контур (рис. 170, *б*);

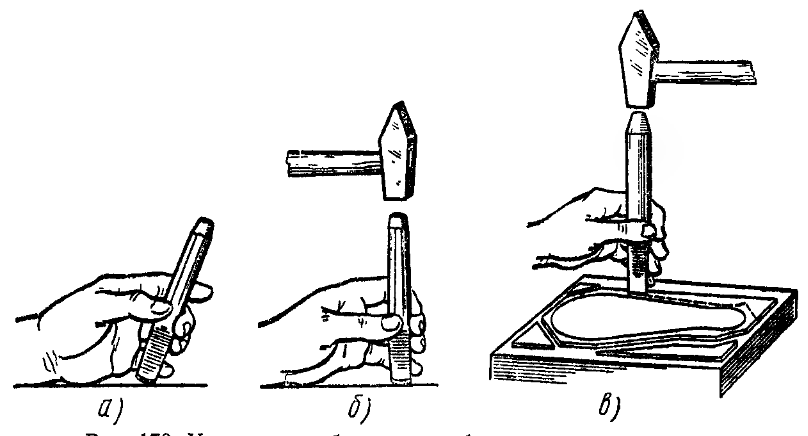


Рис. 170. Установка зубила при рубке листового металла: *а* — наклонно, *б* — вертикально, *в* — прорубание контура

рубят по контуру, нанося по зубилу сильные удары. При перестановке зубила часть лезвия оставляют в прорубленной канавке, а зубило из наклонного положения опять переводят в вертикальное и наносят следующий удар. Так поступают непрерывно до конца разметочной риски;

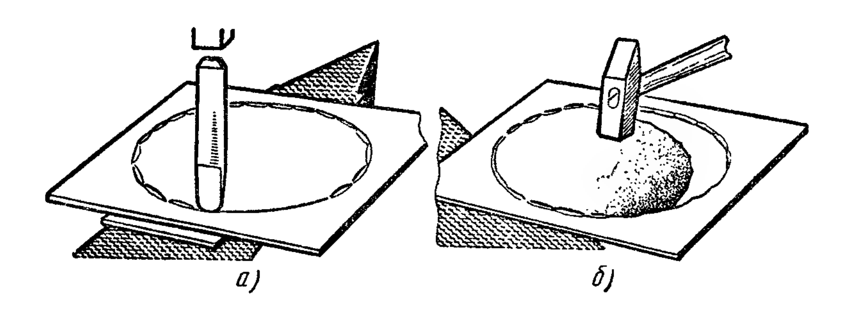


Рис. 171. Вырубание заготовок из листового металла:
а — вырубание круга, *б* — выбивание заготовки молотком

перевернув лист, прорубают металл по ясно обозначившемуся на противоположной стороне контуру (рис. 170, *в*);

вновь переворачивают металл другой стороной и заканчивают рубку (рис. 171, *а*). Если лист тонкий и прорублен достаточно, заготовку выбивают молотком (рис. 171, *б*).

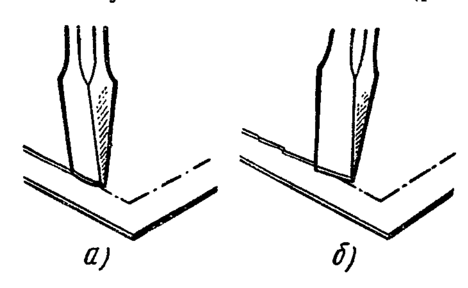


Рис. 172. Лезвие зубила:
а — закругленное, *б* — прямое

При рубке зубилом с закругленным лезвием образуется ровная канавка (рис. 172, *а*); при рубке зубилом с прямым лезвием (рис. 172, *б*) — ступенчатая.

Рубку металла листового, полосового, а также обработку широких поверхностей выполняют в тисках.

Рубку листового материала, как правило, ведут только по уровню губок тисков. Заготовку (изделие) крепко зажимают в тисках так, чтобы разметочная линия совпала с уровнем губок.

Зубило устанавливают к краю заготовки так, чтобы режущая кромка лежала на поверхности двух губок, а середина режущей кромки соприкасалась с обрубаемым материалом на $^2/_3$ ее длины. Угол наклона зубила и обрабатываемой поверхности должен составлять 30—35° (рис. 173, *а*), а по отношению к оси губок тисков — 45° (рис. 173, *б*). Лезвие зубила при этом идет наискось и стружка слегка завивается. После снятия первого слоя металла

заготовку переставляют выше губок тисков на 1,5—2 *мм* и срубают следующий слой и т. д.

Рубка по разметочным рискам (рис. 174) является более трудной операцией. На заготовку предварительно наносят риски на расстоянии 1,5—2 *мм* одна от другой, а на торцах делают

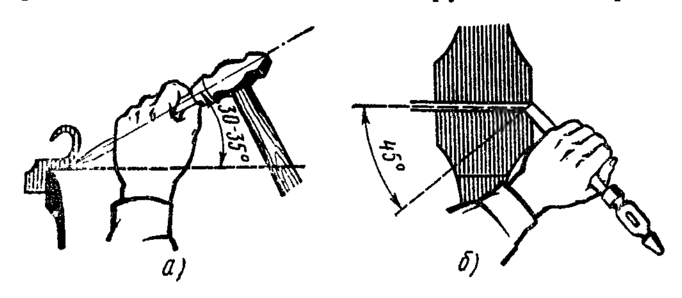


Рис. 173. Рубка листового материала:
а — угол наклона зубила к обрабатываемой поверхности, *б* — угол наклона зубила по отношению к оси губок

скосы (фаски под углом 45°), которые облегчают установку зубила и предупреждают откалывание края при рубке хрупких материалов. Заготовку зажимают в тисках так, чтобы были видны разметочные риски. Рубят строго по разметочным рискам. Первый удар наносят при горизонтальном положении зубила, дальнейшую рубку выполняют при наклоне зубила на 25—30°. Толщина последнего чистового слоя должна быть не более 0,5—0,7 *мм*.

Рубка широких плоскостей является трудоемкой и малопроизводительной операцией, применяемой при невозможности прострогать заготовку.

Рубку осуществляют так. Предварительно на двух противоположных торцах заготовки делают скосы под углом 30—45°, а на двух противоположных боковых сторонах наносят риски, отмечающие глубину каждого прохода. Затем на поверхность заготовки наносят риски, расстояние между которыми равно ширине режущей кромки крейцмейселя, и заготовку зажимают в тисках.

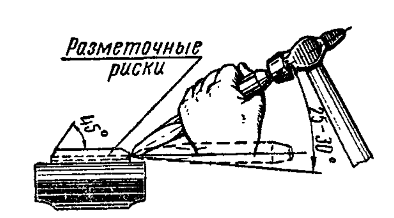


Рис. 174. Рубка по разметочным рискам

Затем крейцмейселем предварительно прорубают узкие канавки (рис. 175, *а*), а зубилом срубают оставшиеся между канавками выступы (рис. 175, *б*). После срубания выступов выполняют окончательную обработку. Такой способ (предварительное прорубание канавок на широких деталях) значительно облегчает и ускоряет рубку. На заготовках из чугуна, бронзы и других хрупких металлов во избежание откалывания краев делают фаски на расстоянии 0,5 *мм* от разметочной риски.

Вырубание криволинейных смазочных канавок (рис. 176, *а*) и пазов (рис. 176, *б*) производится следующим образом. Сначала на поверхность заготовки наносят риски, затем крейцмейселем за один проход прорубают канавки глубиной 1,5—2 *мм*. Образованные после рубки неровности устраняют канавочником, придавая канавкам одинаковую ширину и глубину по всей длине заготовки. Глубину канавок проверяют шаблоном.

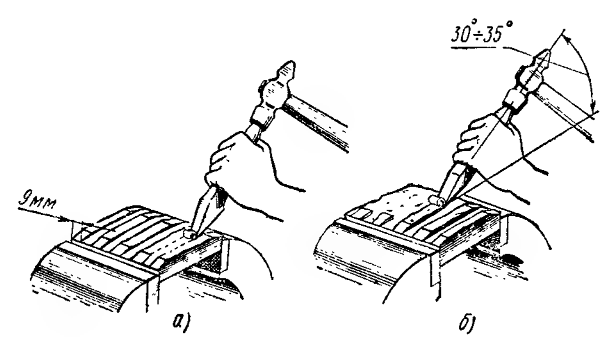


Рис. 175. Рубка широких плоскостей:
а — прорубание канавок крейцмейселем, *б* — срубание выступов зубилом

При рубке цветных сплавов рекомендуется режущую часть зубила слегка смачивать мыльной водой или протирать промасленной тряпкой, а при рубке алюминия — скипидаром. Это способствует увеличению срока службы зубила до переточки.

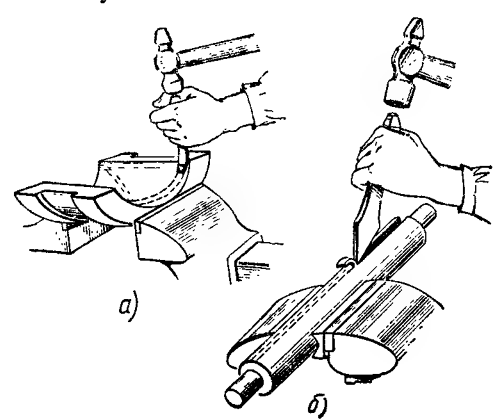


Рис. 176. Вырубание:
***а* — смазочных канавок, *б* — пазов**

Перерубку чугунных труб осуществляют зубилом на деревянных подкладках-клиньях или на мешке с песком. Сначала мелом намечают линию переруба, затем за два-три прохода трубу надрубают зубилом с постепенным поворачиванием ее (рис. 177, *а*). Затем легкими ударами молотка надрубленную часть трубы отламывают. Зубило при работе держат перпендикулярно образующей (рис. 177, *б*), а не наклонно (рис. 177, *в*). Полученный торец трубы должен быть ровным, перпендикулярным оси трубы и совпадать с намеченной линией переруба. Торец проверяют на глаз и угольником.

Трубы больших диаметров перерубают при помощи плоского зубила. Линию переруба предварительно намечают мелом по всему периметру. Трубу укладывают на одну или две деревянные подкладки. Одну из подкладок располагают под линией переруба. Нельзя трубу рубить на весу, так как при этом возможно появление трещин в месте переруба. Рубку ведут с постепенным углублением борозды. Зубило держат вертикально, а трубу

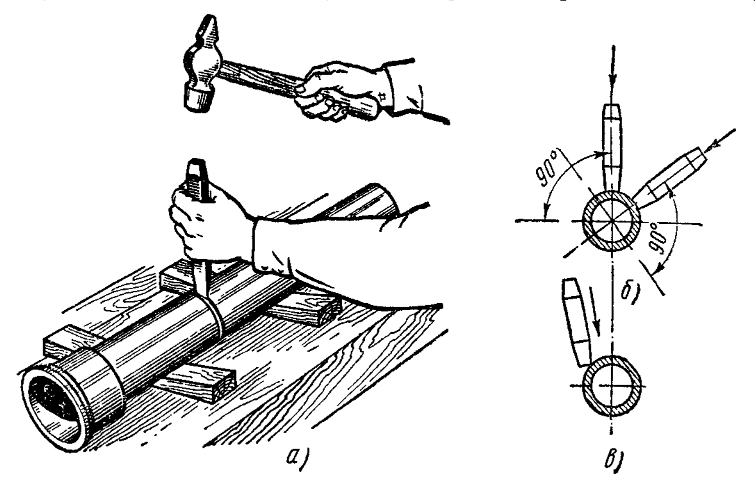


Рис. 177. Перерубание чугунных труб:
а — надрубание, *б*, *в* — правильное и неправильное положение зубила

постепенно поворачивают, подводя под зубило новые участки намеченной линии.

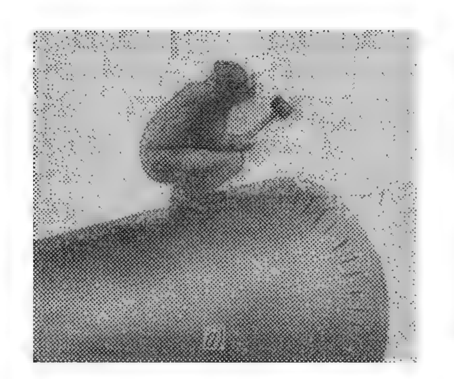
Пройдя зубилом по окружности трубы несколько раз, борозду настолько углубляют, что труба легко переламывается на части.

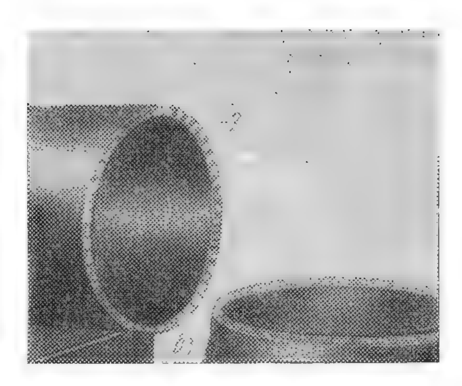
Во избежание появления трещин в стенках трубы во время перерубки высверливают ряд отверстий, в которые плотно забивают деревянные клинья *1* (рис. 178, *а*) (дуб, клен и т. п.), затем между отверстиями надрубают зубилом в том же порядке, что и при рубке без клиньев, т. е. постепенно поворачивая трубу и углубляя борозду до тех пор, пока труба не переломится (рис. 178, *б*). При возникновении даже мелких трещин просверливают отверстия, ограничивающие эти трещины. Отрубленные трубы *2* зачищают на специальных станках наждачным кругом (рис. 178, *в*).

§ 74. МЕХАНИЗАЦИЯ РУБКИ

Ручная рубка вытесняется обработкой на металлорежущих станках (строгание, фрезерование), обработкой абразивным инструментом, применением ручных механизированных инструментов и специальных приспособлений.

К ручным механизированным инструментам относятся пневматические и электрические рубильные молотки. На рис. 179 показа-





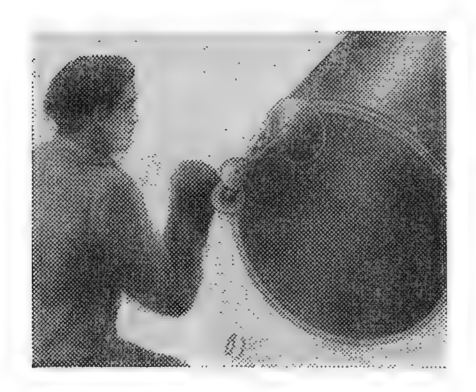


Рис. 178. Перерубание труб больших диаметров:

а — надрубание (забивка деревянных клиньев), *б* — отламывание, *в* — зачистка

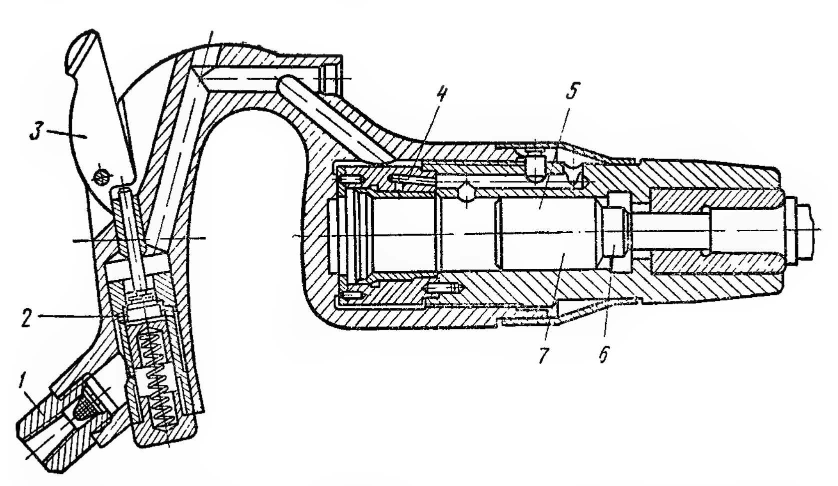
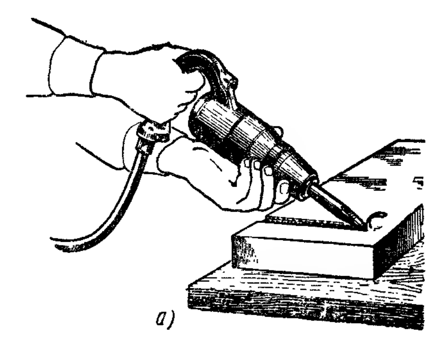


Рис. 179. Пневматический рубильный молоток РМ-5:

1 — штуцер, **2** — клапан, *3* — курок, *4* — золотник, *5* — камера рабочего хода, *6* — камера обратного хода, **7** — ударник

но устройство пневматического рубильного молотка РМ-5 завода «Пневматика». Молоток состоит из корпуса, бойка, золотника и рукоятки с пусковым устройством. Сжатый воздух из цеховой магистрали через резиновый шланг и штуцер *1* поступает к рукоятке молотка. Слесарь берет правой рукой за рукоятку, левой удерживает за ствол, направляя движение зубила (рис. 180, *а*).

При нажатии на курок *3* (см. рис. 179) открывается клапан *2* и воздух под давлением 5—6 *ат* из магистрали через штуцер *1* поступает в цилиндр. В зависимости от положения золотника *4* воздух через каналы внутри корпуса попадает в камеру рабочего хода *5* или в камеру обратного хода *6*. В первом случае воздух толкает ударник *7* вправо, и он ударяет по хвостовику рабочего инструмента. В конце рабочего хода золотник давлением воздуха смещается, воздух попадает в камеру *6*, совершается обратный ход. Затем цикл работы повторяется. Молоток включают в работу после того, как режущей кромкой инструмента нажали на обрабатываемую поверхность.



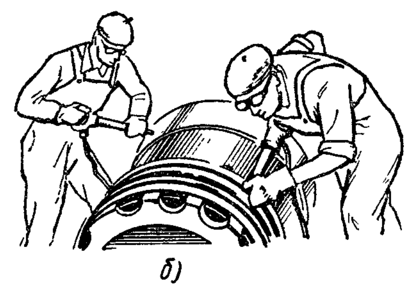


Рис. 180. Приемы работы рубильным молотком:
а — держание инструмента, *б* — работа вдвоем

В качестве инструмента для рубки пневматическим молотком применяют специальные зубила. Производительность рубки при пользовании механизированным инструментом повышается в 4—5 раз. На рис. 180, *б* показана работа пневматическими рубильными молотками вдвоем.

В электрических молотках вращение вала электродвигателя, вмонтированного в корпус, преобразуется в возвратно-поступательное движение ударника, на конце которого закреплено зубило или другой инструмент.

Правила техники безопасности. При рубке металлов следует выполнять следующие правила техники безопасности:

рукоятка ручного слесарного молотка должна быть хорошо закреплена и не иметь трещин;

при рубке зубилом и крейцмейселем необходимо пользоваться защитными очками;

при рубке твердого и хрупкого металла следует обязательно использовать ограждение: сетку, щиток;

для предохранения рук от повреждений (при неудобных работах, а также в период обучения) на зубило следует надевать предохранительную резиновую шайбу, а на кисть руки — предохранительный козырек.

При работе пневматическим молотком необходимо:

перед началом работы пневматический молоток продуть сжатым воздухом;

включать пневматический инструмент только после установки инструмента в рабочее положение; холостой ход инструмента не разрешается;

при соединении шланга сжатый воздух должен быть отключен;

нельзя держать пневматический молоток за шланг или рабочий инструмент.

Вопросы для самопроверки

1. Как затачивают слесарное зубило и крейцмейсель для рубки различных материалов?
2. Как влияет угол заострения, задний и передний углы на процессе рубки?
3. Какие механизированные инструменты при рубке применяются в вашей мастерской?
4. Перечислите основные приемы рубки металлов.

Глава XIX
ПРАВКА И РИХТОВКА МЕТАЛЛА

§ 75. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Правка и рихтовка представляют собой операции по выправке металла, заготовок и деталей, имеющих вмятины, выпучины, волнистость, коробления, искривления и др. Правка и рихтовка имеют одно и то же назначение, но отличаются приемами выполнения и применяемыми инструментами и приспособлениями.

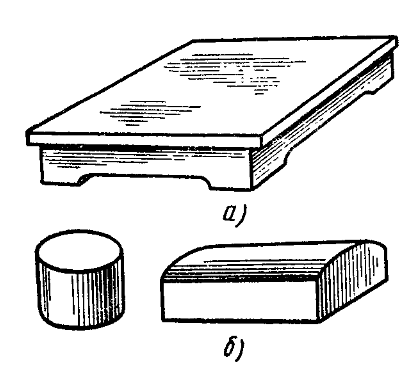


Рис. 181. Правильная плита (*а*), рихтовальные бабки (*б*)

Листовой материал и заготовки из него могут быть покороблены по краям и в середине, иметь изгибы и местные неровности в виде вмятин и выпучин различных форм. При рассмотрении деформированных заготовок можно заметить, что вогнутая сторона их короче выпуклой. Волокна на выпуклой стороне растянуты, а на вогнутой сжаты.

Металл подвергается правке как в холодном, так и в нагретом состоянии. Выбор способа зависит от величины прогиба, размеров и материала изделия. Правку в на-

гретом состоянии производят в интервале температур 800—1000° С (для Ст3) и 350—470° С (для дюралюминия). Выше нагрев не допускается, так как может привести к пережогу металла.

Правка с нагревом детали до 140—150° называется правкой с подогревом. Правка может выполняться ручным способом — на стальной или чугунной плите, или на наковальне и машинным — на прави́льных вальцах, прессах.

Прави́льная плита изготовляется (рис. 181, *а*) достаточно массивной, масса ее не менее чем в 80—150 раз больше массы молотка. Прави́льные плиты изготовляются из стали, из серого чугуна монолитными или с ребрами жесткости.

Плиты бывают следующих размеров: 400×400; 750×1000; 1000×1500; 1500×2000; 2000×2000; 1500×3000 *мм*. Рабочая поверхность плиты должна быть ровной и чистой. Устанавливают плиты на металлические или деревянные подставки, обеспечивающие, кроме устойчивости, и горизонтальность положения.

Рихтовальные бабки (рис. 181, *б*) используются для правки (рихтовки) закаленных деталей, изготовляются они из стали и закаливаются. Рабочая часть поверхности может быть цилиндрической или сферической радиусом 150—200 *мм*.

Молотки для правки применяют с круглым гладким полированным бойком (см. рис. 163, *б*). Молотки с квадратным бойком оставляют следы в виде забоин.

Для правки закаленных деталей (рихтовки) применяются молотки с квадратным бойком (массой 400—500 *г*) из стали У10. Хорошо зарекомендовали себя рихтовальные молотки, оснащенные твердым сплавом, корпус которых выполняется из стали У7 и У8. В рабочие концы молотка вставляют пластинки твердого сплава ВК8 и ВК6. Рабочая часть бойка затачивается и доводится по радиусу 0,05—0,1 *мм*.

Молотки со вставными бойками из мягких металлов (см. рис. 163, *в*) применяются при правке деталей с окончательно обработанной поверхностью и деталей или заготовок из цветных металлов и сплавов. Вставные бойки могут быть медные, свинцовые, а также деревянные.

Гладилки (деревянные или металлические бруски) применяются при правке тонкого листового и полосового металла.

§ 76. ТЕХНИКА ПРАВКИ

Кривизну деталей проверяют на глаз (рис. 182, *а*) или по зазору между плитой и уложенной на нее деталью. Изогнутые места отмечают мелом.

При правке важно правильно выбирать места, по которым следует наносить удары. Сила ударов должна быть соразмерна с величиной кривизны и постепенно уменьшаться по мере перехода от наибольшего изгиба к наименьшему. Правка считается законченной, когда все неровности исчезнут и деталь станет прямой, что можно определить наложением линейки. Правку выполняют на

плите или надежных подкладках, исключающих возможность соскальзывания детали при ударе.

Правка полосового металла осуществляется в следующем порядке. Изгиб отмечают мелом, после чего надевают на левую руку рукавицу, а в правую берут молоток и левой рукой берут полосу, принимают рабочее положение (рис. 182, *б*).

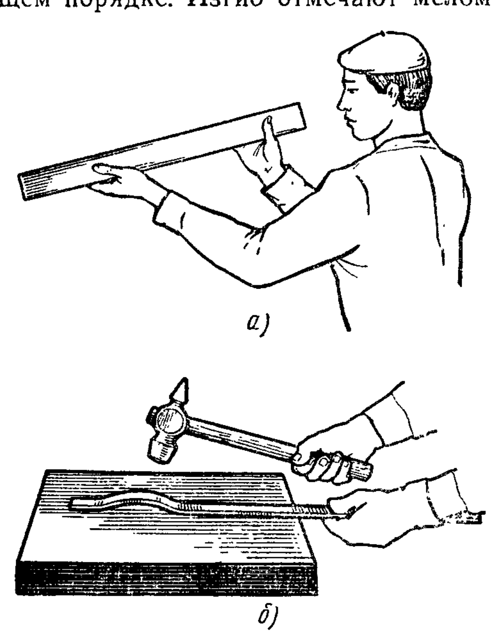


Рис. 182. Правка металла:
а — проверка изгиба, *б* — момент правки

Полосу располагают на правильной плите так, чтобы ее плоскость лежала на плите выпусклостью вверх, соприкасаясь в двух точках. Наносят удары по выпуклым частям широкой стороны, регулируя силу удара в зависимости от толщины полосы и величины кривизны; чем больше искривление и чем толще полоса, тем сильнее удары. По мере выправления полосы силу удара ослабляют и чаще поворачивают полосу с одной стороны на другую до полного выправления. При нескольких выпуклостях сначала выправляют крайние, а затем средние.

Результаты правки (прямолинейность заготовки) проверяют на глаз, а более точно — на разметочной плите по просвету или наложением линейки на полосу.

Правка металла круглого сечения. После проверки на глаз на выпуклой стороне мелом отмечают границы изгибов. Затем укладывают на плиту или наковальню (рис. 183) пруток так, чтобы изогнутая часть находилась выпуклостью вверх. Удары молотком наносят по выпуклой части от краев изгиба к средней части, регулируя силу удара в зависимости от диаметра прутка и величины изгиба. По мере выправления изгиба силу удара уменьшают, заканчивая правку легкими ударами и поворачиванием прутка вокруг его оси. Если пруток имеет несколько изгибов, сначала правят крайние, затем расположенные в середине.

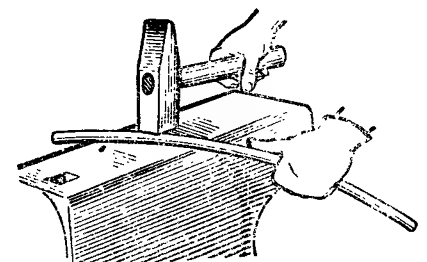


Рис. 183. Правка металла круглого сечения

При правке полосового металла со спиральной кривизной один конец заготовки закрепляют в слесарных тисках (рис. 184), а второй конец зажимают в ручных тисках. Затем, вставив рычаг между губками ручных тисков, равномерным усилием повертывают рычаг до полного выпрямления спиральной кривизны. Результат правки проверяют на глаз или по зазору на плите определяют кривизну. При необходимости окончательную правку проводят на плите.

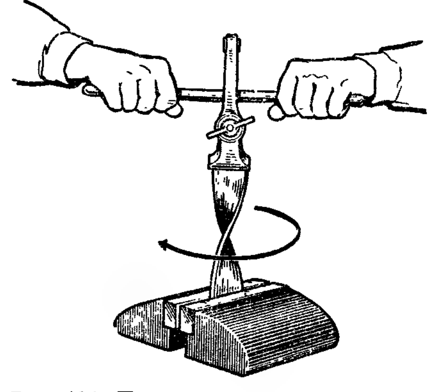


Рис. 184. Правка полосового металла со спиральной кривизной

Правка листового металла — более сложная операция. Листовой материал и вырезанные из него заготовки могут иметь волнистую или с выпучинами поверхность. На заготовках, имеющих волнистость по краям (рис. 185, *а*), предварительно обводят мелом или мягким графитовым карандашом волнистые участки. После этого заготовку кладут на плиту так, чтобы края заготовки не свешивались, а лежали полностью на опорной поверхности и,

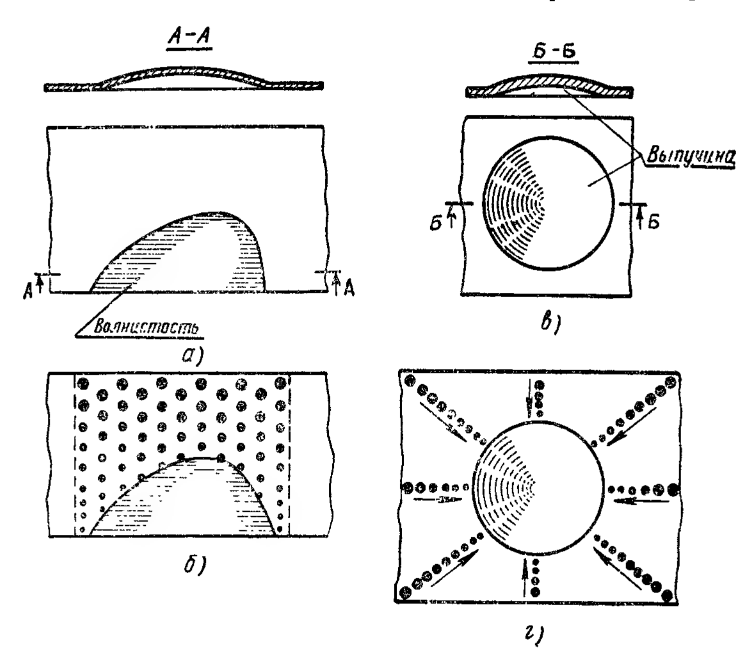


Рис. 185. Схема правки листового материала:
а, в — искаженные заготовки, *б, г* — распределение ударов

прижимая ее рукой, начинают правку. Чтобы растянуть середину, удары молотком наносят от середины заготовки к краю так, как указано на рис. 185, *б* кружками. Более сильные удары наносят в в середине и уменьшают силу удара по мере приближения к краю. Во избежание образования трещин и наклепа материала нельзя наносить удары по одному и тому же месту заготовки.

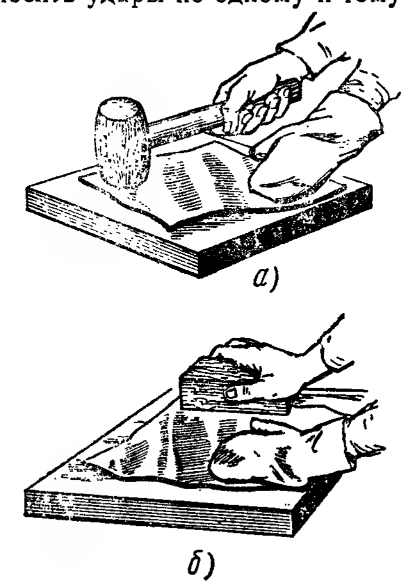


Рис. 186. Правка тонких листов:
а — деревянным молотком (киянкой), *б* — деревянным или металлическим бруском

Особую аккуратность, внимательность и осторожность соблюдают при правке заготовок из тонкого листового материала. Наносят несильные удары, так как при неправильном ударе боковые грани молотка могут легко пробить листовую заготовку.

При правке заготовок с выпучинами выявляют покоробленные участки, устанавливают, где больше вытянут металл (рис. 185, *в*). Выпуклые участки обводят мелом или мягким графитовым карандашом, затем заготовку кладут на плиту выпуклыми участками вверх так, чтобы края ее не свешивались, а лежали полностью на опорной поверхности плиты. Правку начинают с ближайшего к выпучине края, по которому наносят один ряд ударов молотком в пределах, указанных на покрытой кружочками поверхности (рис. 185, *г*). Затем наносят удары по второму краю. После этого по первому краю наносят второй ряд ударов и переходят опять ко второму краю и так до тех пор, пока постепенно не приблизятся к выпучине. Удары молотком наносят часто, но не сильно, особенно перед окончанием правки. После каждого удара учитывают воздействие его на заготовку в месте удара и вокруг него. Не допускают несколько ударов по одному и тому же месту, так как это может привести к образованию нового выпуклого участка.

Под ударами молотка материал вокруг выпуклого места вытягивается и постепенно выравнивается. Если на поверхности заготовки на небольшом расстоянии друг от друга имеется несколько выпучин, ударами молотка у краев отдельных выпучин заставляют соединиться эти выпучины в одну, которую потом правят ударами вокруг ее границ, как указано выше.

Тонкие листы правят легкими деревянными молотками (киянками — рис. 186, *а*), медными, латунными или свинцовыми молотками, а очень тонкие листы кладут на ровную плиту и выглаживают металлическими или деревянными брусками (рис. 186, *б*).

Правка (рихтовка) закаленных деталей. После закалки стальные детали иногда коробятся. Правка закаленных деталей называется рихтовкой. Точность рихтовки может составлять 0,01—0,05 *мм*.

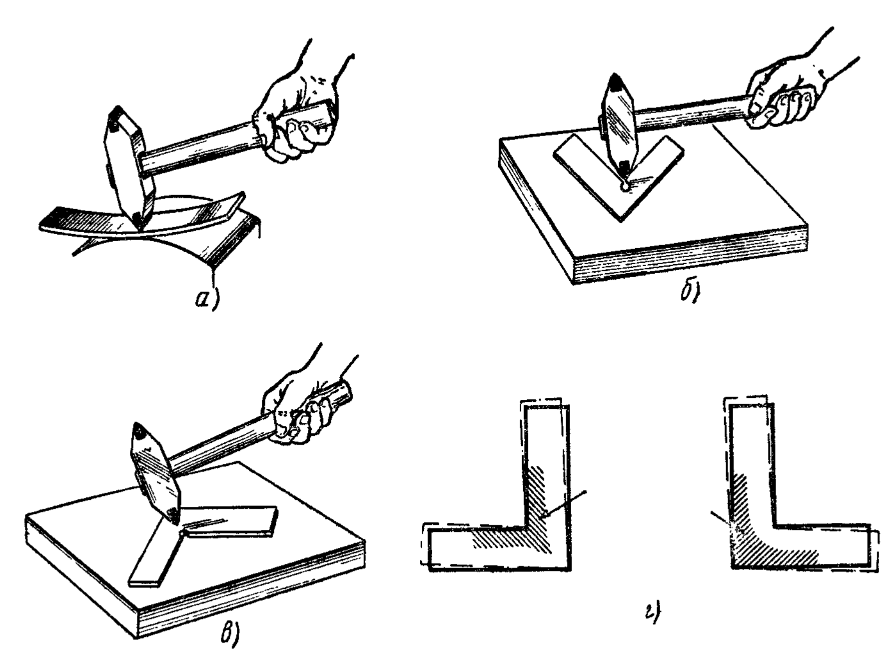


Рис. 187. Рихтовка закалеиных деталей:
а — на рихтовальной бабке, *б* — угольника по внутреннему углу, *в* — по наружному углу, *г* — места нанесення ударов

В зависимости от характера рихтовки применяют различные молотки с закаленным бойком или специальные рихтовальные молотки с закругленной узкой стороной бойка. Деталь при этом лучше располагать не на плоской плите, а на рихтовальной бабке (рис. 187, *а*). Удары наносят не по выпуклой, а по вогнутой стороне детали.

Изделия толщиной не менее 5 *мм*, если они закалены не насквозь, а только на глубину 1—2 *мм*, имеют вязкую сердцевину, поэтому рихтуются сравнительно легко; их нужно рихтовать как сырые детали, т. е. наносить удары по выпуклым местам.

Правка закаленного угольника, у которого после закалки изменился угол между полками, показана на рис. 187, *б*—*г*. Если угол стал меньше 90°, то удары молотком наносят у вершины внутреннего угла (рис. 187, *в* и *г* справа), если угол стал больше 90°, удары наносят у вершины наружного угла (рис. 187, *б* и *г* слева).

В случае коробления изделия по плоскости и по узкому ребру рихтовку выполняют отдельно — сначала по плоскости, а потом по ребру.

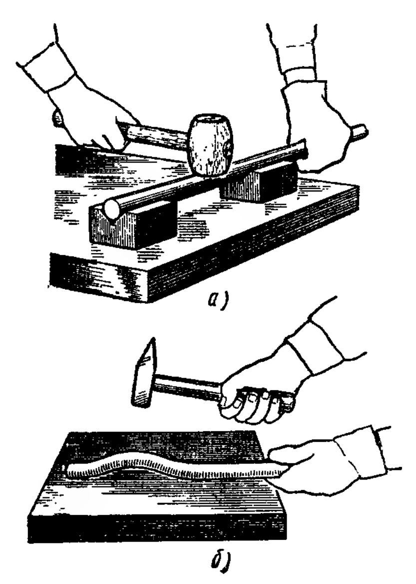


Рис. 188. Правка коротких валов:
а — на призмах, *б* — на плите

Правку короткого пруткового материала выполняют на призмах (рис. 188, *а*), правильных плитах (рис. 188, *б*), нанося молотком удары по выпуклым местам и искривлениям. Устранив выпуклости, добиваются прямолинейности, нанося легкие удары по всей длине прутка и поворачивая его левой рукой. Прямолинейность проверяется на глаз или по просвету между плитой и прутком.

Сильно пружинящие, а также очень толстые заготовки правят на двух призмах, нанося удары через мягкую прокладку во избежание забоин на заготовке. Если усилия, развиваемые молотком, недостаточны для правки, применяют ручные или механические прессы.

Правку валов (диаметром до 30 *мм*) на ручных прессах (рис. 189, *а*) выполняют так. Вал *2* укладывают на призмы *4* и *5*, а нажим осуществляют винтом *3*. Величину прогиба определяют здесь же в центрах *1* при помощи индикатора *6* (рис. 189, *б*).

Для устранения остаточных напряжений в местах правки ответственные валы медленно нагревают в течение 30—60 *мин* до температуры 400—500° С и потом медленно охлаждают.

Правка наклепом производится укладкой изогнутого вала на ровную плиту выпуклостью вниз и нанесением небольшим молотком частых и легких ударов по поверхности вала (рис. 190, *а*). После возникновения на поверхности наклепанного слоя (рис. 190, *б*) просвет между валом и плитой исчезает, правку прекращают.

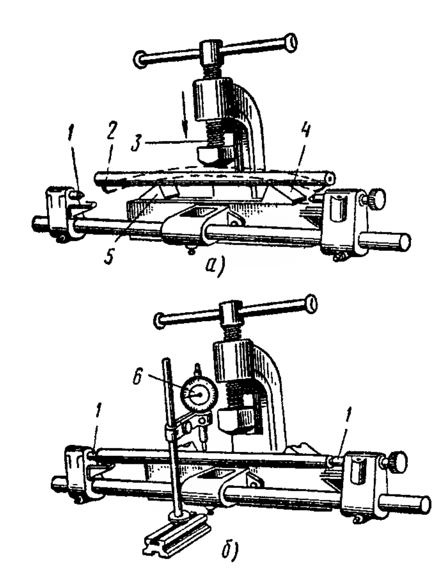


Рис. 189. Правка вала на ручном прессе:
а — момент правки, *б* — проверка изгиба индикатором; *1* — центра, *2* — вал, *3* — винт, *4*, *5* — призмы, *6* — индикатор

Правка с подогревом. Профильный металл (уголки, швеллеры, тавры, двутавры), пустотелые валы, толстую листовую сталь, поковки правят с нагревом изогнутого места (выпуклости) паяльной лампой или сварочной горелкой до вишнево-красного цвета; окружающие выпуклость слои металла охлаждают сырым асбестом или мокрыми концами.

Рис. 190. Схема правки наклепом искривленного вала (*а*), наклепанный слой (*б*)

§ 77. МАШИНЫ ДЛЯ ПРАВКИ

Ручная правка является малопроизводительной операцией и ее применяют при небольших партиях деталей. В основном на предприятиях применяется машинная правка, осуществляемая на правильных вальцах, прессах и специальных приспособлениях.

Гибочные вальцы бывают ручные и приводные. На ручных и приводных трехвалках правят заготовки прямые и изогнутые по радиусу, имеющие на поверхности выпучины и вмятины. Заготовки из листа толщиной до 3 *мм* правят обычно на трехвалках с ручным приводом. На приводных трехвалках правят заготовки толщиной до 4 *мм*.

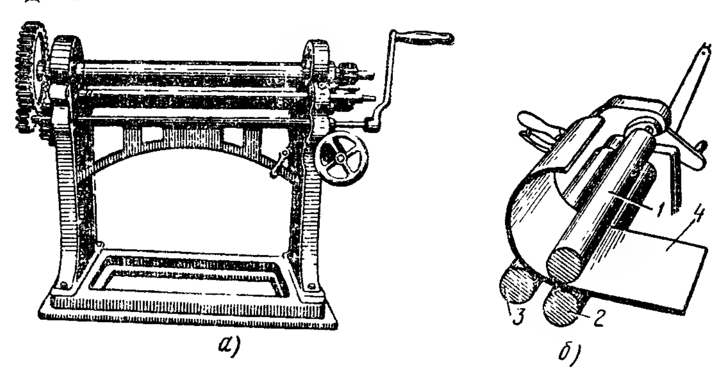


Рис. 191. Ручная трехвалка (вальцовка) (*а*), схема правки (*б*):
1, 2, 3 — валки, *4* — лист

Ручная трехвалка (вальцовка — рис. 191, *а*) имеет валки *1* и *2* (рис. 191, *б*), расположенные один над другим, которые могут в зависимости от толщины заготовки удаляться друг от друга или сближаться. Так же может быть опущен или поднят расположенный сзади третий валок *3*.

Заготовку (лист или полосу) устанавливают между двумя передними валками и, вращая рукоятку по часовой стрелке, пропус-

кают между валками. Для полного устранения выпучин и вмятин заготовки пропускают между валками несколько раз.

Правка валов и угловой стали на винтовых прессах применяется в тех случаях, когда сила удара молотком не обеспечивает должной правки. Один рабочий устанавливает, удерживает и контролирует выпрямляемую заготовку, а второй вращает маховик. Вал или трубу (рис. 192, *а*) располагают на призмах

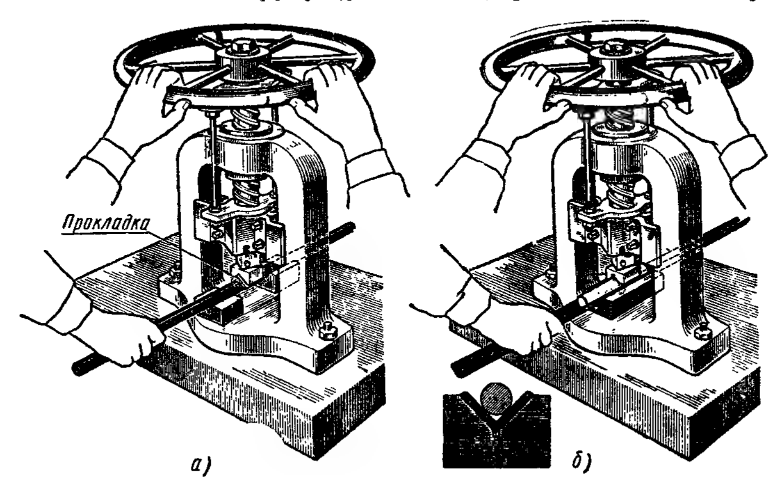


Рис. 192. Правка на винтовом прессе:
а — трубы, *б* — уголка

таким образом, чтобы изогнутая часть была обращена вверх, а пруток (труба) плотно лежал в угловых выемках призмы. При этом призматический наконечник пресса должен находиться на месте наибольшей кривизны. Для предупреждения вмятин между наконечником и валом помещают «мягкие» прокладки.

Вращением маховика наконечник винта плавно подводят и нажимают на вал (трубу) до тех пор, пока не выправят, что определяют по величине просвета на поверочной плите.

Некоторые особенности имеет правка угловой стали. Деформированный уголок устанавливают в призме на столе пресса (рис. 192, *б*), между полками уголка укладывают закаленный стальной валик. При нажиме винтом пресса валик придает уголку соответствующую форму.

Большие листы, полосы и ленты с выпучинами и волнистостью правят на листоправильных станках, горизонтальных правильно-растяжных машинах и пневматических молотах.

§ 78. ОСОБЕННОСТИ РИХТОВКИ СВАРНЫХ ИЗДЕЛИЙ

Сварные изделия, имеющие коробления, остаточные внутренние напряжения около шва, подвергают рихтовке и проковке.

Холодную правку сварных соединений с небольшими

короблениями выполняют вручную при помощи деревянных («мягких») и стальных молотков на плитах, наковальнях, оправках или пневматических молотах. Сварные соединения со значительными короблениями правят на ручных прессах, используя различные оправки, колодки, или на специальных приспособлениях.

Холодную правку сварных соединений выполняют особенно осторожно, чтобы не допустить брака.

Холодная правка сварных изделий заключается в том, что участок изделия, имеющий коробление или поводку, подвергают воздействию ударов молотка, вследствие чего металл на этом участке приводится в состояние текучести, и изделие начинает постепенно принимать нужную форму. В целях предупреждения возможных рисок и засечек, портящих поверхность изделия, применяют молотки и оправки с гладкой рабочей поверхностью.

Правила нанесения ударов молотком при холодной правке сварных изделий те же, что при правке полосового и листового материала.

Техника безопасности при правке и рихтовке металла: работать в перчатках, только исправным инструментом (правильно насаженные молотки, отсутствие на рукоятках трещин и отколов на молотках).

Вопросы для самопроверки

1. В какой последовательности правят угловую сталь?
2. Как правят полосовой, круглый и листовой материал?
3. В чем особенности газопламенной правки металлов?
4. Расскажите об особенностях правки сварных соединений.
5. Расскажите об особенностях рихтовки закаленных изделий.
6. В чем заключается механизация процесса правки?

Глава XX

ГИБКА МЕТАЛЛА

§ 79. ОБЩИЕ ПОНЯТИЯ

Гибка деталей — одна из наиболее распространенных слесарных операций. Изготовление деталей гибкой возможно как вручную на опорном инструменте и оправках, так и на гибочных машинах (прессах).

Сущность гибки заключается в том, что одна часть заготовки перегибается по отношению к другой на какой-либо заданный угол. Происходит это следующим образом: на заготовку, свободно лежащую на двух опорах, действует изгибающая сила, которая вызывает в заготовке изгибающие напряжения и, если эти напряжения не превышают предел упругости материала, деформация, получаемая заготовкой, является упругой и по снятии нагрузки заготовка принимает первоначальный вид (выпрямляется).

Однако при гибке необходимо добиться, чтобы заготовка после снятия нагрузки сохранила приданную ей форму, поэтому напря-

жения изгиба должны превышать предел упругости и деформация заготовки в этом случае будет уже пластической, при этом внутренние слои заготовки подвергаются сжатию и укорачиваются, наружные слои подвергают растяжению и длина их увеличивается. В то же время средний слой заготовки — нейтральная линия — не испытывает ни сжатия, ни растяжения и длина

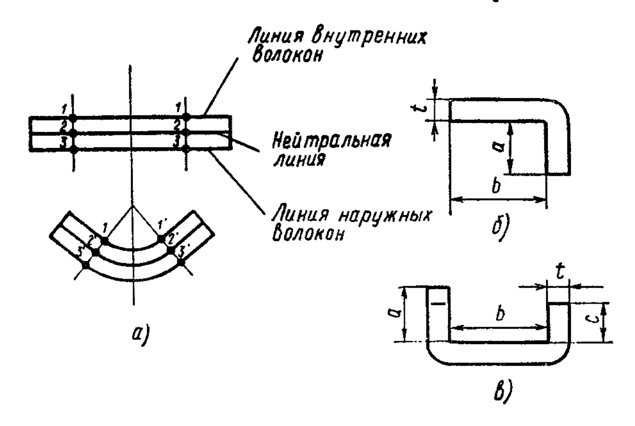


Рис. 193. Определение длины заготовок без закруглений с острыми вершинами внутренних углов:
а — напряжения в заготовке, *б*, *в* — заготовки

его до и после изгиба остается постоянной (рис. 193, *а*). Поэтому определение размеров заготовок профилей сводится к подсчету длины прямых участков (полок), длины укорачивания заготовки в пределах закругления или длины нейтральной линии в пределах закругления.

При гибке деталей под прямым углом без закруглений с внутренней стороны припуск на загиб берется от 0,5 до 0,8 толщины материала. Складывая длину внутренних сторон угольника или скобы, получаем длину заготовки детали.

Пример 1. На рис. 193 показаны угольник (вверху) и скоба (внизу) с прямыми внутренними углами.

Размеры угольника (рис. 193, б): a=30 *мм*, b=70 *мм*, t=6 *мм*. Длина заготовки угольника:

$$L=a+b+0,5t=30+70+3=103 \text{ мм.}$$

Размеры скобы (рис. 193, *в*): a=70, b=80 *мм*, c=60 *мм*, t=4 *мм*. Длина заготовки скобы

$$L=70+80+60+2=212 \text{ мм.}$$

Пример 2. Определить длину заготовки угольника с внутренним закруглением (рис. 194, *а*).

Разбиваем угольник по чертежу на участки. Подставляем их размеры: a=50 *мм*, b=30 *мм*, t=6 *мм*, r=4 *мм* в формулу

$$L=a+b+\frac{\pi}{2}\left(r+\frac{t}{2}\right).$$

Тогда получим:

$$L=50+30+\frac{3,14}{2}\left(4+\frac{6}{2}\right)=50+30+$$
$$+1,57\cdot 7=90,99\approx 91\ мм.$$

Пример 3. Определить длину заготовки скобы с закруглением (рис. 194, *б*).

Разбиваем скобу на участки, как показано на чертеже. Их размеры: $a=80$ *мм*, $h=65$ *мм*, $c=120$ *мм*, $t=5$ *мм*, $r=2,5$ *мм*.

$$L=a+h+c+\pi\left(r+\frac{t}{2}\right)=80+65+120+$$
$$+3,14\left(2,5+\frac{5}{2}\right),$$

следовательно,

$$L=265+15,75=280,75\ мм.$$

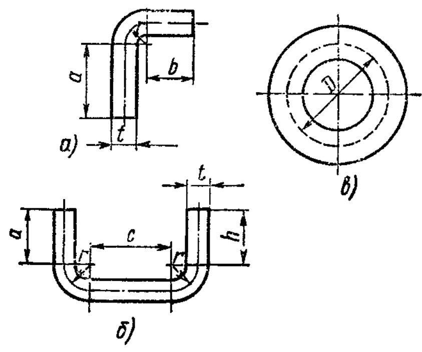


Рис. 194. Определение длины заготовок:
а — угольника с внутренним закруглением, *б* — скобы с закруглением, *в* — кольца

Пример 4. Определить длину заготовки из стальной полосы толщиной 4 *мм* и шириной 12 *мм* для кольца с наружным диаметром 120 *мм* (рис. 194, *в*).

Сгибая в окружность эту полосу, получим цилиндрическое кольцо, причем внешняя часть металла несколько вытянется, а внутренняя сожмется. Следовательно, длине заготовки будет соответствовать окружность, проходящая по середине между внешней и внутренней окружностями кольца.

Длина заготовки:

$$L=\pi D.$$

Зная диаметр средней окружности кольца и подставляя его числовое значение в формулу, находим длину заготовки:

$$L=\pi D=3,14\times 108=339,12\ мм.$$

В результате предварительных подсчетов можно изготовить деталь точно установленных размеров.

§ 80. ОСНОВНЫЕ ПРИЕМЫ РУЧНОЙ ГИБКИ ДЕТАЛЕЙ ИЗ ЛИСТОВОГО И ПОЛОСОВОГО МЕТАЛЛА

Гибку прямоугольной скобы из полосовой стали выполняют в следующем порядке:

определяют длину заготовки (рис. 195, *а*), складывая длину сторон скобы с припуском на один изгиб 0,5 толщины полосы:

$$l=17,5+1+15+1+20+1+15+1+17,5=89\ мм;$$

отмечают длину с дополнительным припуском на обработку торцов по 1 *мм* на сторону и зубилом отрубают заготовку;

выправляют вырубленную заготовку на плите;

опиливают в размер по чертежу;

намечают и наносят риски загиба;

зажимают заготовку *1* (рис. 195, *б*) в тисках между угольниками-нагубниками *2* на уровне риски и ударами молотка загибают конец *3* скобы;

переставляют заготовку в тисках, зажимая ее между угольником *4* и большим бруском-оправкой *6*;

Рис. 195. Гибка прямоугольной скобы:

а — определение длины заготовки, *б* — гибка одного конца, *в* — гибка второго конца, *г* — формирование скобы; *1* — заготовка, *2* — нагубники, *3*, *5* — концы скобы, *4*, *9* — угольники, *6* — больший брусок-оправка, *7* — лапки, *8* — меньший брусок-оправка

загибают второй конец *5* (рис. 195, *в*);

снимают заготовку и вынимают брусок-оправку *6*;

размечают длину лапок на загнутых концах;

надевают на тиски второй угольник *9* (рис. 195, *г*), и, вложив внутрь скобы меньший брусок-оправку *8*, зажимают скобу в тисках на уровне рисок;

отгибают первую и вторую лапки *7*;

проверяют и выправляют загибы по угольнику;

опиливают концы лапок в размер и снимают заусенцы с острых ребер.

Гибка двойного угольника в тисках (рис. 196) производится после разметки листа, вырубки заготовки, правки на плите и опиловки по ширине в размер по чертежу. Подготовленную таким образом заготовку *1* зажимают в тисках *3* между угольниками-нагубниками *2* и загибают первую полку угольника, а затем заменяют один нагубник бруском-подкладкой *4* и загибают вторую полку угольника. По окончании гибки концы угольника опиливают

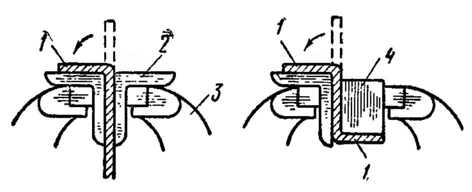


Рис. 196. Гибка двойного угольника:

1 — заготовка, *2* — нагубники, *3* — тиски, *4* — брусок-подкладка

напильником в размер и снимают заусенцы с острых ребер.

Гибка хомутика (рис. 197, *а*). После расчета длины заготовки и ее разметки в местах изгиба зажимают в тисках оправку *1* в вертикальном положении. Диаметр оправки должен быть равным диаметру отверстия хомутика *2*. При помощи двух плоскогубцев *3* по разметочным рискам изгибают хомутик по оправке. Окончательное формирование хомутика выполняют на той же оправке металлическим молотком (рис. 197, *б*).

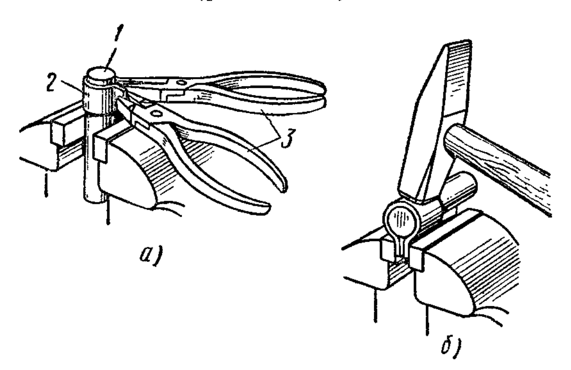


Рис. 197. Гибка хомутика:

а — изгибание плоскогубцами на оправке, *б* — формирование хомутика; *1* — оправка, *2* — хомутик, *3* — плоскогубцы

Гибка ушка круглогубцами. Ушко со стержнем из тонкой проволоки изготовляют при помощи круглогубцев. Длина заготовки должна быть на 10—15 *мм* больше, чем требуется по чертежу. Удерживая заготовку за один конец, второй конец изгибают, постепенно переставляя круглогубцы в местах изгиба. После того как ушко будет загнуто соответственно заданным размерам, ему придают нужную форму при помощи плоскогубцев. После этого лишний конец стержня удаляют кусачками.

Гибка втулки. Последовательность переходов при гибке цилиндрической втулки на оправке такая: сначала изгибается одна сторона детали по втулке, а потом удары наносятся по второй, затем соединяют оба конца.

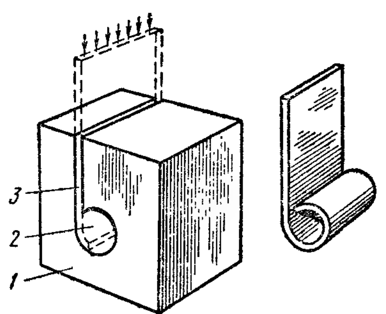


Рис. 198. Гибка в приспособлении (кубике):

1 — кубик, *2* — отверстие, *3* — паз

Гибка в приспособлениях. На рис. 198 показано приспособление для гибки шарнирной петли. В стальном кубике *1* высверливают отверстия *2* диаметром, равным наружному диаметру петли, и пропиливают паз *3* по толщине материала

петли. Вставив заготовку в паз, ударами молотка или нажимом губок тисков загибают ее в отверстие, образуя петлю.

§ 81. МЕХАНИЗАЦИЯ ГИБОЧНЫХ РАБОТ

Профили с разными радиусами кривизны гнут на трехроликовых и четырехроликовых станках. На рис. 199 показан трехроликовый станок для гибки профилей, изготовленных из листов алюминиевых сплавов толщиной до 2,5 *мм.* Предварительно налаживают станок. Наладку верхнего ролика *5* относительно двух нижних роликов *1*, *6* осуществляют вращением рукоятки *4*. При гибке заготовка *3* должна быть прижата верхним роликом *5* к двум нижним *1* и *6*. Прижим *2* устанавливают так, чтобы по нему свободно скользила полка профиля, не давая ему скручиваться при гибке.

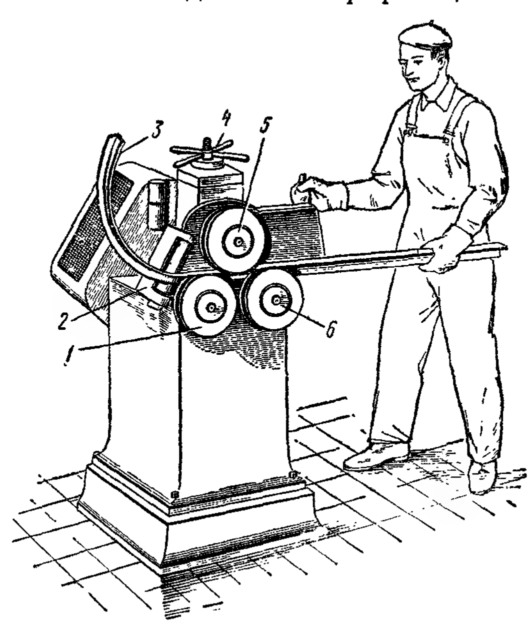


Рис. 199. Гибка на трехроликовом станке:
1, 6 — нижние ролики, *2* — прижим, *3* — заготовка, *4* — рукоятка, *5* — верхний ролик

Профили с большим радиусом гибки получают на трехроликовом станке в несколько переходов. Профили, имеющие форму кругов, спирали или другой кривизны, изготовляют на четырехроликовых станках.

Четырехроликовый станок (рис. 200) состоит из станины *1*, внутри которой смонтирован приводной механизм, двух ведущих роликов *3* и *5*, подающих заготовку, и двух нажимных роликов *4* и *8*, изгибающих заготовку *7*. Нужный радиус гибки устанавливается повертыванием рукояток *2* и *9*.

Четырехроликовый станок налаживают в следующем порядке: вращая рукоятку *6* против часовой стрелки, поднимают ведущий верхний ролик *5* относительно ведущего нижнего ролика *3* на величину, несколько большую толщины обрабатываемого профиля. После этого, вращая рукоятку *6* по часовой стрелке, опускают ведущий ролик *5* и прижимают обрабатываемый профиль к ведущему нижнему ролику *3*. Затем включают электродвигатель и производят гибку под нужным радиусом. Включают и тормозят ведущие ролики при помощи рукоятки *10*.

§ 82. ГИБКА ТРУБ

Трубы изгибают по дуге различного радиуса или другой кривой под различными углами и в различных плоскостях. Гнутые трубы широко применяют для изготовления бензиновых, масляных, воздушных трубопроводов, в автомобилях, тракторах, самолетах, металлорежущих станках и других машинах.

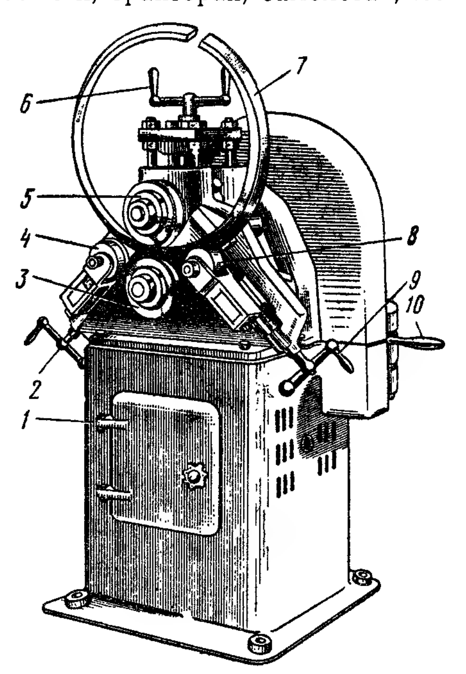


Рис. 200. Гибка на четырехроликовом станке:

1 — станина, *2, 6, 9, 10* — рукоятки, *3, 5* — ведущие ролики, *4, 8* — нажимные ролики, *7* — заготовка

Трубы гнут ручным и механизированным способами; в горячем и холодном состоянии; с наполнителями и без наполнителей. Способ гибки зависит от диаметра трубы, величины угла загиба и материала труб.

Гибка труб в горячем состоянии применяется при диаметре более 100 *мм*. При горячей гибке с наполнителем трубу отжигают, размечают, а затем один конец закрывают деревянной или металлической пробкой. Для предупреждения смятия, выпучивания и появления трещин при гибке трубу наполняют мелким сухим, просеянным через сито с ячейками размером около 2 *мм* песком, так как наличие крупных камешков может привести к продавливанию стенки трубы, а слишком мелкий песок для гибки труб непригоден, так как при высокой температуре спекается и пригорает к стенкам трубы.

Для механизации наполнения (набивки) труб песком применяют молотковые или вибрационные установки. Если установок нет, трубу наполняют песком через воронку, а уплотняют обстукиванием трубы молотком; удары молотка наносят снизу вверх при одновременном ее повертывании до тех пор, пока при ударе по трубе не будет слышаться глухой звук.

После заполнения песком второй конец трубы забивают деревянной пробкой, у которой должны быть отверстия или канавки для выхода газов, образующихся при нагреве (рис. 201, *а*).

Диаметры пробок (заглушек) зависят от величины внутреннего диаметра трубы. Для труб малых диаметров заглушки делают из глины, резины или твердых пород дерева в виде конусной пробки длиной, равной 1,5—2 диаметрам трубы, с конусностью 1 : 10.

Для труб больших диаметров заглушки изготовляются из металла.

Для каждой трубы, в зависимости от ее диаметра и материала, должен быть установлен минимально допустимый радиус изгиба.

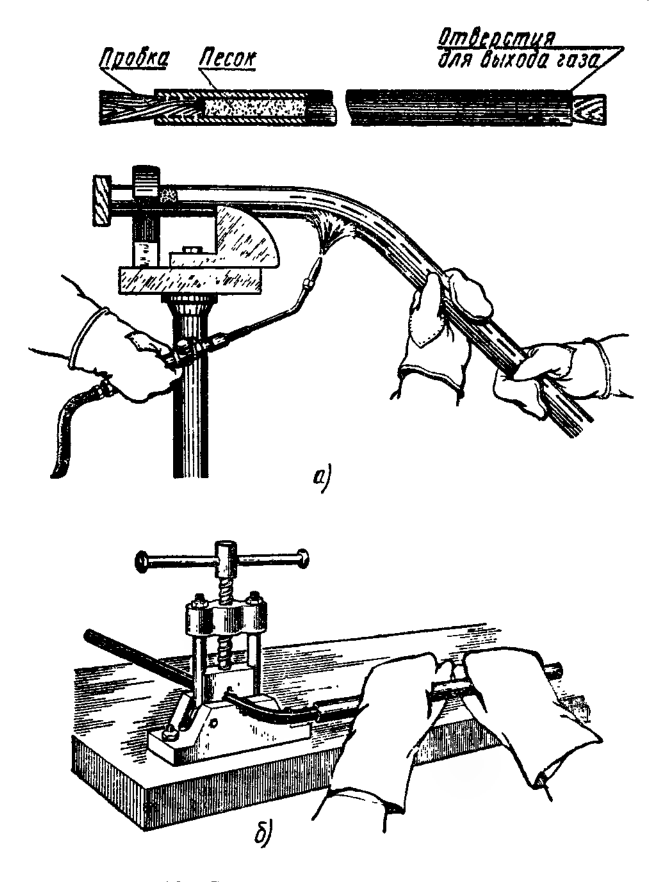


Рис. 201. Гибка труб в горячем состоянии:
а — с подогревом при гибке по шаблону, *б* — в трубном прижиме

Радиус закругления при гибке труб берется не меньше трех диаметров трубы, а длина нагреваемой части зависит от угла изгиба и диаметра трубы. Если трубу изгибают под углом 90°, то нагревают участок, равный шести диаметрам трубы; если гнут под углом 60°, то нагревают участок, равный четырем диаметрам трубы; если под углом 45° — трем диаметрам и т. д.

Длина нагреваемого участка трубы определяется по формуле:

$$L = \frac{\alpha \cdot d}{15} \text{ мм},$$

где L — длина нагреваемого участка, *мм*;

α — угол изгиба трубы, *град*;

d — наружный диаметр трубы, *мм*;

15 — постоянный коэффициент (90 : 6 = 15 *мм*).

Участок изгиба на трубе размечают мелом. Выполняется эта операция по заранее заготовленным шаблонам. В процессе гибки трубу проверяют по месту или по изготовленному из проволоки шаблону.

При гибке труб в горячем состоянии работают в рукавицах.

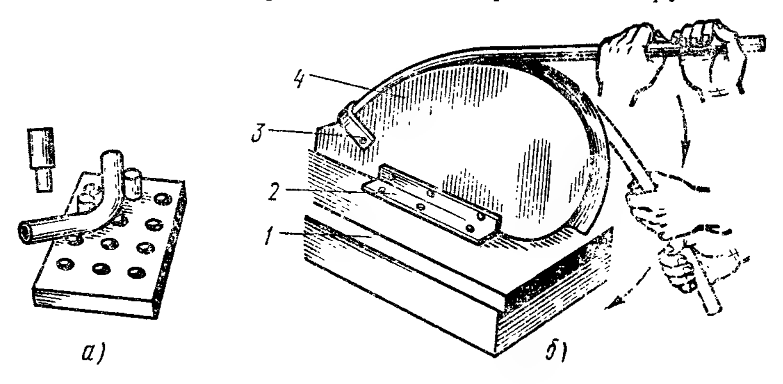


Рис. 202. Гибка труб в холодном состоянии:
а — на штырях, *б* — в неподвижной оправке

Трубы нагревают паяльными лампами в горнах или пламенем газовых горелок до вишнево-красного цвета на длине, равной шести диаметрам. Топливом в горнах может быть древесный уголь и дрова. Лучшим топливом является древесный уголь, который не содержит вредных примесей и дает более равномерный нагрев.

В случае перегрева трубу до гибки охлаждают до вишнево-красного цвета. Трубы рекомендуется гнуть с одного нагрева, так как повторный нагрев ухудшает качество металла.

При нагреве обращают особое внимание на прогрев песка. Нельзя допускать излишнего перегрева отдельных участков; в случае перегрева трубу охлаждают водой. От достаточно нагретой части трубы отскакивает окалина.

По окончании гибки выколачивают или выжигают пробки и высыпают песок. Плохое, неплотное заполнение трубы, недостаточный или неравномерный прогрев перед гибкой приводят к образованию складок или разрыва. Изгиб трубы проверяют шаблоном.

При гибке в трубном прижиме в горячем состоянии стальную трубу вставляют в трубный прижим, между угловой выемкой основания и сухарем с уступами, и вращением рукоятки зажимают. При гибке сварных труб шов располагают снаружи, а не внутри изгиба, иначе труба может разойтись по шву. На конец изгибаемой трубы надевают отрезок трубы большего диаметра так, чтобы конец немного не доходил до места изгиба, затем обхватывают трубу двумя руками, с большим усилием отводят ее в направлении изгиба (рис. 201, *б*).

Гибка труб в холодном состоянии выполняется при помощи различных приспособлений. Простейшим приспособлением для гибки труб диаметром 10—15 *мм* в свободном состоянии является плита с отверстиями, в которой в соответствующих местах устанавливаются штыри (рис. 202, *а*), служащие упорами при гибке.

Трубы небольших диаметров (до 40 *мм*) с большими радиусами кривизны гнут в холодном состоянии, применяя простые ручные приспособления с неподвижной оправкой (рис. 202, *б*). Гибочная оправка *4* крепится к верстаку *1* с двух сторон скобами *2*. Трубу для гибки вставляют между гибочной оправкой и хомутиком *3*, нажимают руками и гнут ее по желобообразному углублению гибочной оправки.

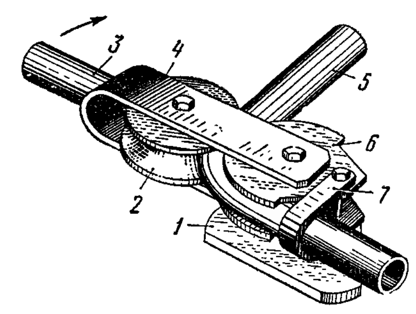


Рис. 203. Гибка труб в холодном состоянии в приспособлении:

1 — плита, *2* — подвижный ролик, *3* — рукоятка, *4* — скоба, *5* — труба, *6* — ролик-шаблон, *7* — хомутик

Трубы диаметром до 20 *мм* изгибают в приспособлении (рис. 203). Приспособление крепится к верстаку при помощи ступицы и плиты *1*. На одной оси ступицы и плиты находится неподвижный ролик-шаблон *6* с хомутиком *7*. Подвижный ролик *2* закреплен в скобе *4* с рукояткой *3*. Трубу *5* для изгиба вставляют между роликами так, чтобы конец ее вошел в хомутик *7*. Затем рукояткой *3* повертывают скобу *4* с подвижным роликом *2* вокруг неподвижного ролика-шаблона *6* до тех пор, пока труба не изогнется на требуемый угол.

Гибка медных и латунных труб. Подлежащие гибке в холодном состоянии медные или латунные трубы заполняют расплавленной канифолью. Порядок гибки аналогичен описанному ранее. Канифоль после гибки выплавляют, начиная с концов трубы, так как нагрев середины трубы, наполненной канифолью, разрывает трубу.

Медные трубы, подлежащие гибке в холодном состоянии, отжигают при 600—700° С и охлаждают в воде. Наполнитель при гибке медных труб в холодном состоянии — канифоль, а в нагретом — песок.

Латунные трубы, подлежащие гибке в холодном состоянии, предварительно отжигают при 600—700° С и охлаждают на воздухе. Наполнители те же, что и при гибке медных труб.

Дюралюминиевые трубы перед гибкой отжигают при 350—400° С и охлаждают на воздухе.

Механизация гибки труб. При массовом изготовлении деталей из труб небольших диаметров применяются ручные трубогибочные приспособления и рычажные трубогибы, а для гибки труб больших диаметров (до 350 *мм*) — специальные трубогибочные станки и прессы.

Гибка труб в кольцо производится на трехроликовом гибочном станке. На рис. 204 показан момент гибки в кольцо трубы диаметром до 25 *мм* без наполнителя.

Перед гибкой налаживают станок — регулируют положение верхнего ролика *5* относительно двух нижних роликов *1* и *2* вращением рукоятки *4*. При вращении рукоятки по часовой стрелке верхний ролик опускается вниз и, наоборот, при вращении против часовой стрелки идет вверх.

Широко используются новые способы гибки труб — гибка с растяжением заготовки и гибка с нагревом токами высокой частоты. Первый способ заключается в том, что заготовку подвергают совместному действию растягивающих (превышающих предел текучести металла) и изгибающих усилий. Этот процесс осуществляется на гибочно-растяжных машинах с поворотным столом. Гнутые этим способом детали имеют высокую прочность и значительно меньший вес. Такой способ применяют при изготовлении труб для самолетов, автомашин, морских и речных судов и др.

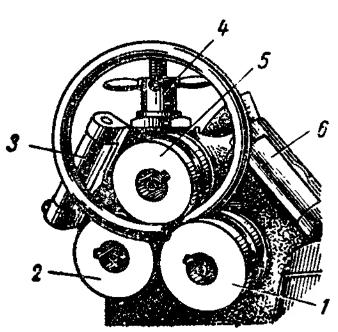


Рис. 204. Гибка трубы в кольцо:

1, 2 — нижние ролики, *3, 6* — прижимы, *4* — рукоятка, *5* — верхний ролик

При гибке труб с нагревом токами высокой частоты нагрев, гибка и охлаждение происходят непрерывно и последовательно в специальной высокочастотной установке типа трубогибочных станков. Установка допускает гибку труб диаметром от 95 до 300 *мм*. Она состоит из двух частей: механической и электрической; механическая часть представляет собой станок для гибки труб, а электрическая состоит из электрооборудования и высокочастотной установки. Указанный способ имеет ряд преимуществ: обеспечивается меньшая овальность в месте изгиба трубы, высокая производительность (в 4—5 раз выше других способов), процесс механизирован.

Правильно изогнутыми считаются трубы, не имеющие вмятин, выпучин и складок.

При гибке труб необходимо соблюдать следующие условия:

тщательно следить за равномерностью вытягивания внешней стенки и посадки внутренней стенки трубы; учитывать, что внешняя стенка трубы легче вытягивается, чем происходит посадка внутренней стенки трубы;

трубу гнуть плавно, без рывков; появившиеся складки правят молотком. Для предупреждения складок трубу сначала гнут несколько больше, чем следует по шаблону, а затем отгибают в соответствии с шаблоном;

во избежание разрыва нельзя гнуть трубу и выправлять складки, если труба охладилась до светло-вишневого цвета (800° С).

Поэтому трубы больших диаметров гнут с многократным нагревом;

после проверки трубы шаблоном удаляют пробки, высыпают песок и обрезают концы по шаблону, затем очищают и промывают трубу внутри.

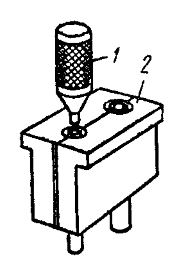


Рис. 205. Развальцовывание труб в слесариых тисках:
1 — оправка, 2 — инструмент (вальцовка)

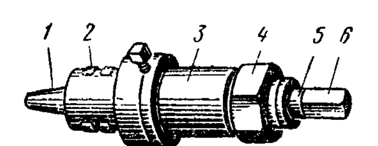


Рис. 206. Специальная вальцовка:
1 — конус, 2 — ролики, 3 — корпус, 4 — гайка, 5 — стержень, 6 — головка

Развальцовка (вальцевание) труб заключается в расширении (раскатывании) концов труб изнутри специальным инструментом (вальцовкой). Для этого инструмент *2* (рис. 205) зажимают в слесарных тисках. Трубу вставляют в соответствующее по диаметру отверстие, а затем ударами молотка по правке *1* развальцовывают конец трубы до необходимых размеров. Концы труб диаметром больше 18 *мм* развальцовывают при помощи специальной вальцовки (рис. 206), которая состоит из стального стержня *5*, на одном конце которого имеется конус *1*, а на другом — квадратная головка *6*. Стержень *5* помещен в корпус *3*, внутри которого размещены ролики *2*, имеющие небольшую конусность.

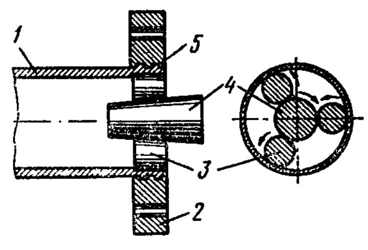


Рис. 207. Схема развальцовывания:
1 — конец трубы, 2 — фланец, 3, 4 — ролики, 5 — канавки

Процесс развальцовывания состоит в том, что на конец трубы *1* (рис. 207) надевают фланец *2* с выточенными в его отверстии канавками *5*, затем в трубу вставляют вальцовку с роликами и вращают. При вращении вальцовка роликами *3*, *4* раскатывает трубу, вдавливая металл трубы в канавки *5* фланца до тех пор, пока они не заполнятся до отказа. Если вращение вальцовки становится свободным, подтягивают гайку *4* (см. рис. 206), углубляя тем самым конус в трубу.

Наиболее производительным является вальцевание на специальных вальцовочных машинах и различных механизмах.

Виды и причины брака при гибке. При гибке металла брак чаще всего проявляется в косых загибах и механических повреждениях обработанной поверхности как результат неправильной разметки или закрепления деталей в тисках выше или ниже разметочной линии, а также неправильного нанесения ударов.

Техника безопасности при гибке. В целях обеспечения безопасности заготовки укрепляют в тисках или других приспособлениях прочно, работают только на исправном оборудовании.

Перед началом работы на гибочных станках знакомятся с инструкцией; работу выполняют осторожно, чтобы не повредить пальцы рук. Работают в рукавицах и застегнутых халатах.

Вопросы для самопроверки

1. Какие и как гнут трубы в холодном состоянии?
2. Какие и как гнут трубы в горячем состоянии?
3. Как гнут трубы в кольцо?
4. В чем особенности гибки труб из цветных металлов?

Глава XXI

РЕЗАНИЕ МЕТАЛЛА

§ 83. СУЩНОСТЬ РЕЗАНИЯ

Резание металла — это операция разделения металла на части. В зависимости от формы и размеров заготовок или деталей резку осуществляют вручную — ручными ножницами, ручными ножовками, рычажными ножницами или механическим способом — при помощи механических ножовок, дисковых пил и др. Трубы вручную режут ручной ножовкой или труборезом, а механическим способом — на специальных труборезных станках.

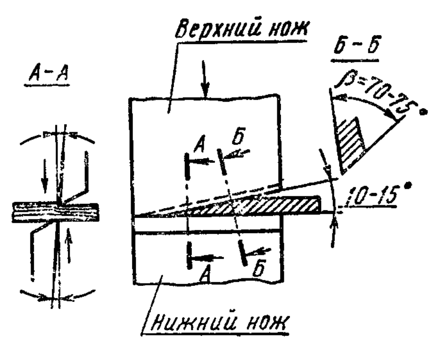


Рис. 208. Элементы ножниц

Сущность процесса резания ножницами заключается в отделении частей металла под давлением пары режущих ножей. Разрезаемый лист помещают между верхним и нижним ножами. Верхний нож, опускаясь, давит на металл и разрезает его. Большое давление, испытываемое лезвиями при резании, требует большого угла заострения β. Чем тверже металл, тем больше угол заострения лезвий: для мягких металлов (медь и др.) он равен 65°,

для металлов средней твердости 70—75° и для твердых 80—85°. Для уменьшения трения лезвий о разрезаемый металл им придается небольшой задний угол α 10—15° (рис. 208).

Ножи изготовляют из стали 65; 70; У7; У8; боковые поверхности лезвий закалены до *HRC* 52—58, отшлифованы и остро заточены.

§ 84. РЕЗАНИЕ РУЧНЫМИ НОЖНИЦАМИ

Ручные ножницы (ГОСТ 7210—54) применяют для разрезания стальных листов толщиной 0,5—1,0 *мм* и из цветных металлов до 1,5 *мм*. Ручные ножницы изготовляют с прямыми (рис. 209, *а*, *б*) и кривыми (рис. 209, *в*) режущими лезвиями.

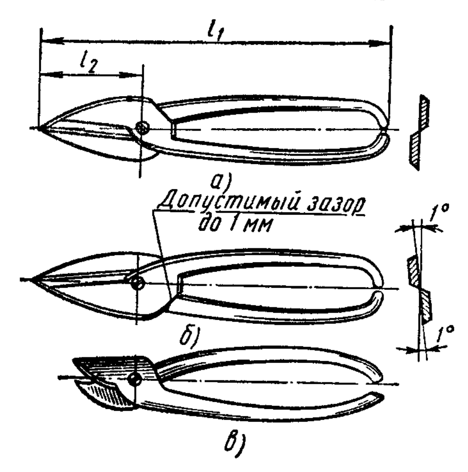


Рис. 209. Ручные ножницы: *а*, *б* — прямые, *в* — кривые

По расположению режущей кромки лезвия ручные ножницы делятся на правые и левые. У правых ножниц скос режущей части нижнего ножа находится с правой стороны (рис. 209, *а*), а у левых — с левой (рис. 209, *б*).

Длина ножниц (ГОСТ 7210—54) l_1 200, 250, 320, 360 и 400 *мм*, а режущей части l_2 (от острых концов до шарнира) соответственно 55—65; 70—82; 90—105; 100—120 и 110—130 *мм*. Хорошо заточенные и отрегулированные ножницы должны резать бумагу.

Ножницы держат в правой руке, охватывая рукоятки четырьмя пальцами и прижимая их к ладони; мизинец помещают между рукоятками ножниц (рис. 210, *а*).

Сжатые указательный, безымянный и средний пальцы разжимают, выпрямляют мизинец и его усилием отводят нижнюю рукоятку ножниц на необходимый угол. Удерживая лист левой рукой (рис. 210, *б*), подают его между режущими кромками, направляя верхнее лезвие точно по середине разметочной линии, которая при резании должна быть видна. Затем, сжимая рукоятку всеми пальцами правой руки, кроме мизинца, осуществляют резание.

Резание правыми ножницами осуществляют в направлении часовой стрелки (см. рис. 210, *б*), левыми ножницами — против часовой стрелки (рис. 210, *в*). Резку листового металла по прямой линии и по кривой (окружности и закругления) без резких поворотов выполняют правыми ножницами.

Внутренние криволинейные контуры вырезают ножницами с изогнутыми узкими режущими кромками (рис. 210, *г*).

Для прямолинейной резки металла небольшой толщины применяют ручные ножницы, одну рукоятку которых зажимают в тисках (рис. 211, *б*).

Стуловые ножницы (рис. 211, *а*) отличаются от ручных большими размерами и применяются при разрезании листового

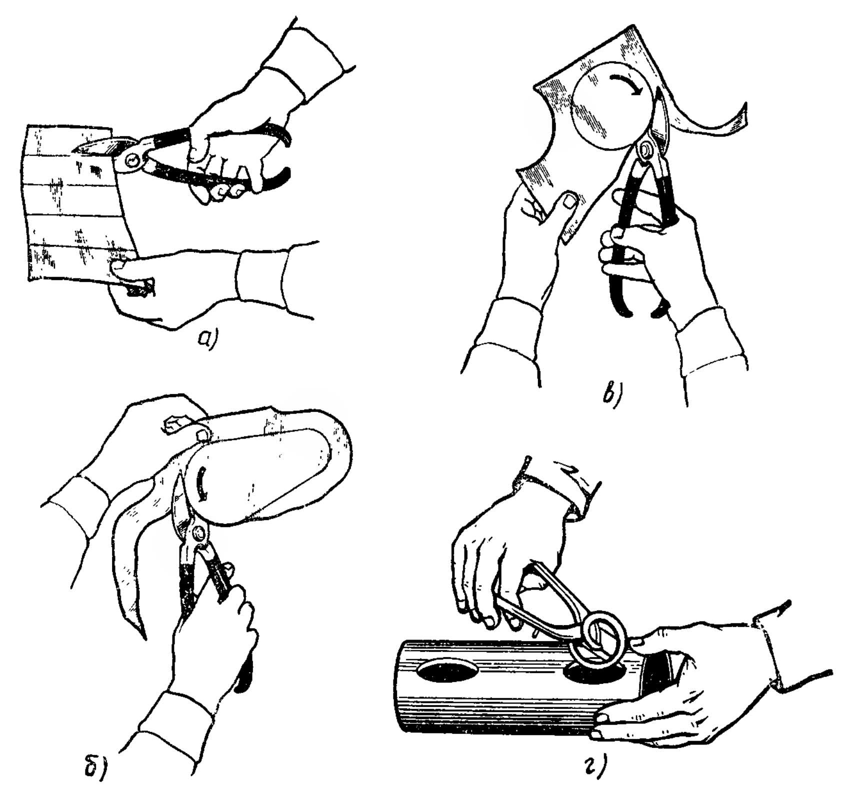


Рис. 210. Резание ножницами:

а — положение пальцев на рукоятке при резании ножницами, *б* — правыми, *в* — левыми, *г* — вырезание внутреннего криволинейного контура

металла толщиной до 2 *мм*. Нижняя ручка жестко зажимается в слесарных тисках или крепится (вбивается) на столе или на другом жестком основании.

Стуловые ножницы малопроизводительны, при работе требуют значительных усилий, поэтому для разрезания большой партии листового металла их не применяют.

Малогабаритные силовые ножницы. Для резки листовой стали толщиной до 2 *мм* применяют стуловые ножницы, имеющие стационарное закрепление, что не всегда удобно.

Новатором А. Н. Васильевым созданы малогабаритные силовые ножницы для резания листовой стали толщиной до 2,5 *мм*, прутков, болтов (шпилек) диаметром до 8 *мм*. Габариты этих нож-

ниц не превышают габаритов стандартных ручных ножниц (рис. 212). Для резки рукоятку *1* закрепляют в тисках, а за рукоятку *8* (рабочую) приводят в действие. Рабочая рукоятка представляет собой систему двух последовательно соединенных рычагов. Первый рычаг *6*, на одном плече которого закреплен нож *4*, соединен при помощи винта *3* с рукояткой *1*.

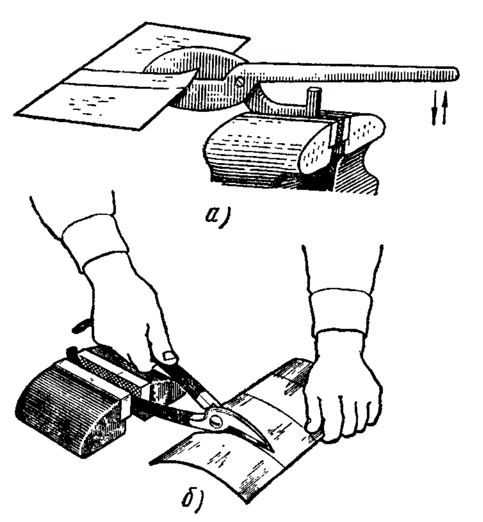


Рис. 211. Ножницы:
а — стуловые, *б* — закрепленные в тисках

Второе плечо рычага *6*, являющееся у обычных ножниц рукояткой, выполнено укороченным и заканчивается шарниром *7*, или собственно рукояткой ножниц. Концевым шарниром рукоятка *8* при помощи двухшарнирного звена *2* соединена с рукояткой *1*. Эта система рычагов увеличивает усилие резания примерно в два раза по сравнению с обычными ножницами таких же габаритов. Ножи ножниц сменные и прикреплены к рычагам на потайных заклепках.

Эти ножницы имеют также приспособление для резки прутков диаметром до 8 *мм*. Приспособление имеет диски *5* с отверстиями, закрепленные на рычагах ножниц, и представляют собой обычные ножницы, но с ножами специальной формы (закаленные втулки). Эти ножи сменные и вставляются в гнезда дисков. Для обрезки болтов (шпилек) во втулках одного из дисков имеется нарезка (несколько ниток), которая предохраняет резьбу болтов при обрезке от смятия.

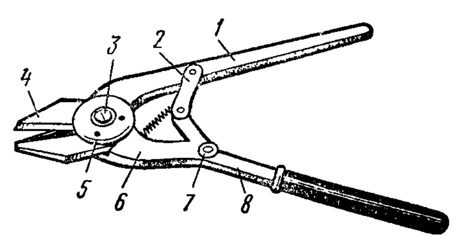


Рис. 212. Малогабаритные силовые ножницы

Малогабаритные силовые ножницы обеспечивают хорошее качество реза.

Ручные рычажные ножницы (рис. 213) применяют для разрезания листовой стали толщиной до 4 *мм*, алюминия и латуни до 6 *мм*. Верхний шарнирно закрепленный нож *3* приводится в действие от рычага *2*. Нижний нож *1* — неподвижный.

Ножи изготовляются из стали У8 и закаливаются до твердости *HRC* 52—60. Углы заострения β режущих граней 75—85°.

Перед работой проверяют, смазаны ли трущиеся части, плавно ли ходит рычаг, отсутствует ли зазор между режущими кромками.

При резании металла правой рукой обхватывают рукоятку *2* рычага и плавно перемещают его в верхнее положение, при этом верхний нож *3* отходит вверх. Затем укладывают лист *4* так, чтобы левая рука удерживала его в горизонтальном положении, а линия реза находилась в поле зрения и совпала с лезвием верхнего ножа *3*. Движением руки опускают рычаг с ножом вниз до тех пор, пока часть металла не будет прорезана, после этого рычаг перемещают в верхнее положение. Далее слегка поднимают лист *4* левой рукой, продвигают его по риске вдоль режущей кромки верхнего ножа и повторяют прием резания до полного разрезания. Ножницы обеспечивают получение реза без вмятин, прорезов по краю и достаточную точность.

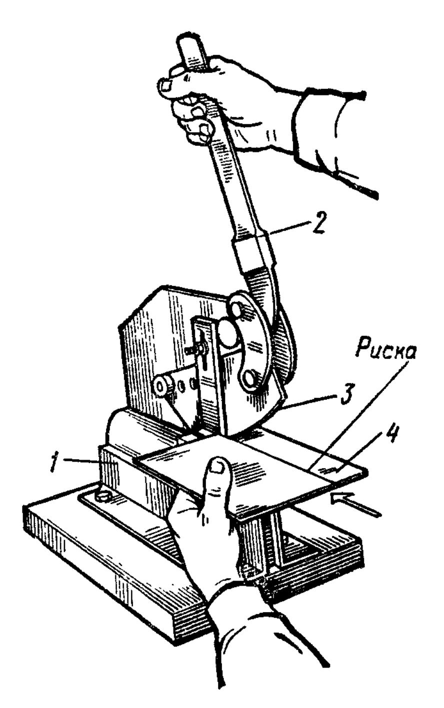


Рис. 213. Ручные рычажные ножницы:
1 — нижний нож, *2* — рычаг, *3* — верхний нож, *4* — разрезаемый лист

Рычажные (маховые) ножницы (рис. 214) широко используются для разрезания листового металла толщиной 1,5—2,5 *мм* с пределом прочности 45—50 $кГ/мм^2$ (сталь, дюралюминий и т. д.). Этими ножницами режут металл значительной длины. Рычажные ножницы имеют чугунные станину *1* и стол *2*. В стол *2* встроен нижний неподвижный нож *8*, а верхний, подвижный нож *5* с криволинейной режущей кромкой закреплен в ножедержателе *6*. Верхний, подвижный нож *5* имеет противовес *7*, уравновешивающий ножедержатель с ножом.

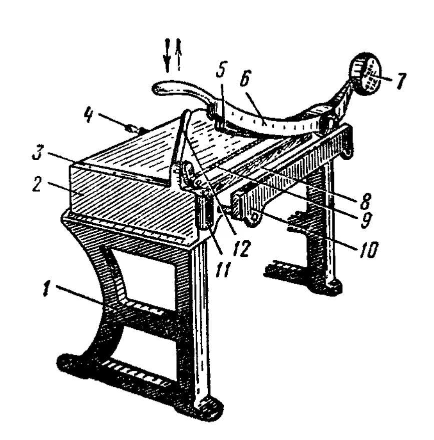


Рис. 214. Рычажные (маховые) ножницы:
1 — станина, *2* — стол, *3* — лист, *4*, *12* — рукоятки, *5* — подвижный нож, *6* — ножедержатель, *7* — противовес, *8* — неподвижный нож, *9* — прижимная планка, *10* — упор, *11* — пружинный упор

Размер отрезаемых заготовок намечается предварительной разметкой или ограничивается регулируемым упором *10*, для чего упор сначала устанавливают на требуемое расстояние от режущей кромки нижнего неподвижного ножа. Лист *3* во время разрезания плотно прижимают боковой

кромкой к упору *10*, а другой кромкой — к пружинному упору *11*. После этого поворотом рукоятки *12* от себя лист плотно прижимают сверху прижимной планкой *9* и, опуская верхний нож с ножедержателем *6*, разрезают заготовку.

Ножедержатель при опускании вниз упирается в пружинный упор *11*. Перестановка упора осуществляется при помощи рукоятки *4*.

§ 85. РЕЗАНИЕ НОЖОВКОЙ

Ручная ножовка применяется для разрезания толстых листов полосового, круглого и профильного металла, а также для прорезания шлицев, пазов, обрезки и вырезки заготовок по контуру и других работ. Ручная ножовка (рис. 215, *а*) состоит из стальной рамки (станины) *2* и ножовочного полотна *4*. На одном конце рамки

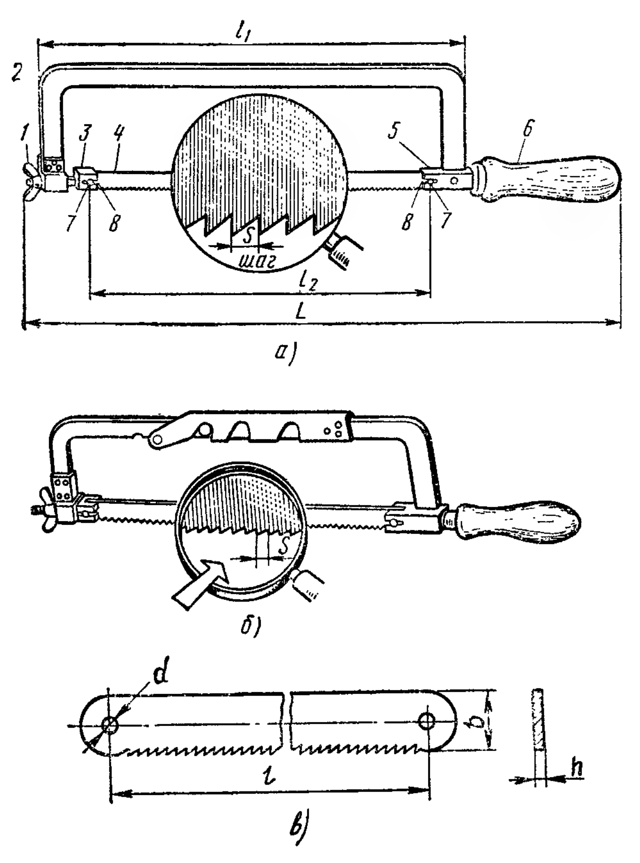


Рис. 215. Ручная ножовка:

а — цельная, *б* — раздвижная, *в* — ножовочное полотно; *1* — гайка, *2* — рамка (станок), *3* — подвижная головка, *4* — ножовочное полотно, *5* — неподвижная головка, *6* — хвостовик с рукояткой, *7* — штифты, *8* — прорези

имеется неподвижная головка *5* с хвостовиком и рукояткой *6*, а на другом конце — подвижная головка *3* с натяжным винтом и барашковой гайкой *1* для натяжения полотна. В головках *5* и *3* имеются прорези *8*, в которые вставляется ножовочное полотно и крепится штифтами *7*.

Рамки для ножовок изготовляют либо цельными (для ножовочного полотна одной определенной длины), либо раздвижными (рис. 215, *б*), допускающими закрепление ножовочного полотиа различной длины.

Ножовочное полотно (режущая часть ножовки) (ГОСТ 6645—68) представляет собой тонкую и узкую стальную пластину с зубьями на одном из ребер. Полотно изготовляют из инструментальной У10А быстрорежущей стали Р9, Р18 или инструментальной легированной Х6ВФ, твердость его *HRC* 61—64. В зависимости от назначения ножовочные полотна разделяются на ручные и машинные.

Размер ножовочного полотна определяется по расстоянию между центрами отверстий под штифты (рис. 215, *в*). Наиболее часто применяются ножовочные полотна длиной l — 250—300 *мм*, высотой b — 13 и 16 *мм*, толщиной h — 0,65 и 0,8 *мм*.

Каждый зуб ножовочного полотна имеет форму клина (резца). На зубе, как и на резце, различают задний угол α, угол заострения β, передний угол γ и угол резания δ

$$\alpha+\beta+\gamma=90^\circ, \quad \alpha+\beta=\delta.$$

Условия работы ножовочного полотна отличаются от условий работы резца, поэтому значения углов здесь другие. При резке металла большой ширины получаются пропилы значительной длины,

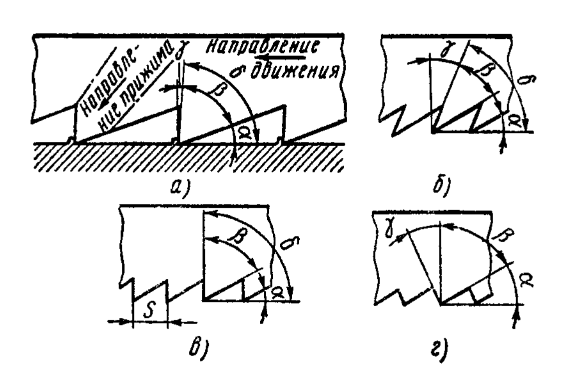


Рис. 216. Элементы ножовочного полотна:
а — зубья ножовки; передний угол зубьев: *б* — положительный, *в* — равный нулю, *г* — отрицательный; *S* — шаг

в которых каждый зуб полотна снимает стружку, имеющую вид запятой. Эта стружка должна размещаться в пространстве между двумя соседними зубьями, а также сбоку от зубьев до тех пор, пока острие зуба не выйдет из пропила (рис. 216, *а*). Величина

стружечного пространства зависит от величины заднего угла α, переднего угла γ и шага S зуба (рис. 216, *в*).

В зависимости от твердости разрезаемого металла передний угол зубьев ножовочного полотна может быть нулевым (рис. 216, *в*), положительным (рис. 216, *б*) или отрицательным (рис. 216, *г*).

Производительность резания ножовочного полотна с нулевым передним углом ниже, чем полотна с передним углом больше 0°.

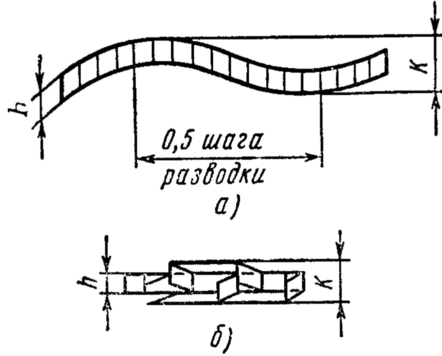


Рис. 217. Разводка полотна: *а* — по полотну, *б* — по зубу

Для резания металлов различной твердости углы зубьев ножовочного полотна делаются: передний γ=0—12°, задний α=35—40°, заострения β=43—60°.

Шаг зубьев принимается (*мм*): для мягких и вязких металлов (медь, латунь) 0,8—1, для твердых металлов (сталь, чугун) 1,25, для мягкой стали 1,6. Для слесарных работ пользуются преимущественно ножовочными полотнами с шагом 1,25 *мм*, при котором на длине 25 *мм* полотна насчитывается около 20 зубьев.

Разводка зубьев ножовочного полотна делается для того, чтобы ширина разреза, сделанного ножовкой, была немного больше толщины полотна. Это предотвращает заклинивание полотна в разрезе и значительно облегчает работу.

Полотно с шагом зубьев 0,8 (допускается также для шага 1 *мм*) разводят по полотну (рис. 217, *а*): отгибают по два-три зуба влево и два-три вправо, при этом образуется волнистая линия, или так называемая гофрированная разводка. Ножовочное полотно с такой разводкой менее производительно и быстро изнашивается.

Полотно с шагом зубьев свыше 0,8 (шаг 1 : 25 и 1 : 6 *мм*) разводят по зубу (рис. 217, *б*): один зуб отгибают влево, соседний — вправо и т. д.; разводят через зуб — один зуб влево, второй не разводят, третий вправо и т. д.; разводят два смежных через один неразведенный — один зуб влево, соседний вправо, третий не разводят и т. д.

Машинные ножовочные полотна изготовляются длиной 350, 400, 450 и 600 *мм*, шириной 25, 32, 40 и 50 *мм*.

Положение корпуса работающего. При резании металла ручной ножовкой в тисках встают у тисков прямо, корпус развертывают под углом 45° к линии оси тисков (рис. 218). Левую ногу отставляют вперед и влево на полшага, а правую относят (оставляют) назад так, чтобы середина ее ступни находилась против пятки левой ноги. Расстояние между пятками ног должно быть 200—300 *мм*, а угол между линиями осей ступней в зависимости от роста рабочего (рис. 218, *а*) и размаха (перемещения)

ножовки при рабочем ходе (чем меньше размах, тем меньше работа для мышц ног) от 40 до 60°. Такое положение корпуса и ног является удобным и устойчивым при маятникообразном движении рук.

Положение рук (хватка). Поза рабочего считается правильной, если правая рука с ножовкой, установленной на губки тисков (в исходное положение), согнутая в локте, образует прямой угол (90°) между плечевой и локтевой частями руки (рис. 218, *а*).

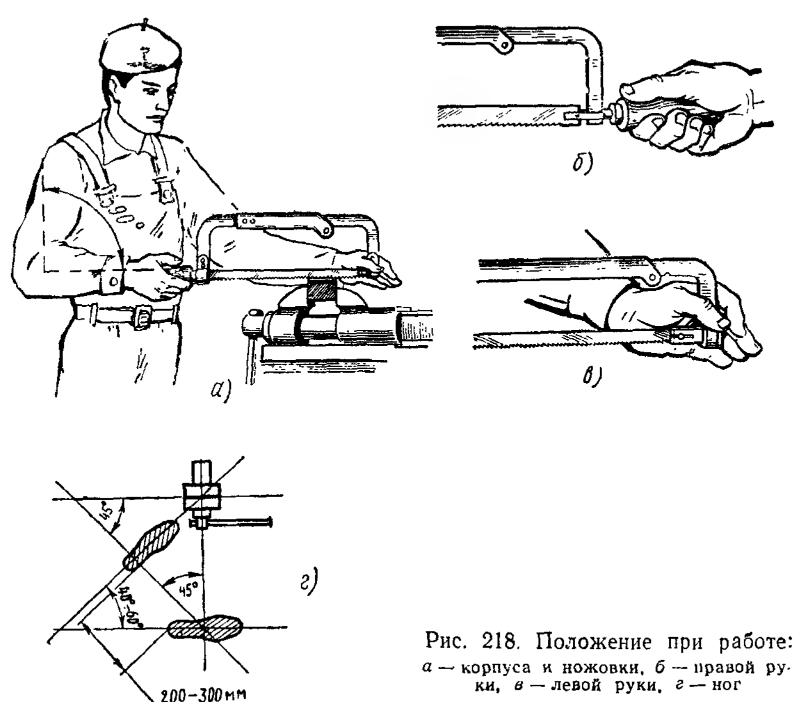


Рис. 218. Положение при работе:
а — корпуса и ножовки, *б* — правой руки, *в* — левой руки, *г* — ног

Рукоятку ножовки захватывают правой рукой так, чтобы ручка упиралась в ладонь (рис. 218, *б*). Рукоятку обхватывают четырьмя пальцами, большой палец накладывают сверху вдоль ручки. Пальцами левой руки обхватывают гайку и подвижную головку ножовки (рис. 218, *в*).

При резании ножовкой, как и при опиливании, должна соблюдаться строгая координация усилий (балансировка), заключающаяся в правильном увеличении нажима рук. Движение ножовки должно быть строго горизонтальным. Нажимают на станок обеими руками, но наибольшее усилие делают левой рукой, а правой рукой осуществляют главным образом возвратно-поступательное движение ножовки.

Процесс резки состоит из двух ходов: рабочего, когда ножовка перемещается вперед от работающего, и холостого, когда

ножовка перемещается назад по направлению к работающему. При холостом ходе на ножовку не нажимают, в результате чего зубья только скользят, а при рабочем ходе обеими руками создают легкий нажим так, чтобы ножовка двигалась прямолинейно. При работе ножовкой необходимо выполнять следующие правила:

для длинных пропилов используют ножовочное полотно с крупным шагом зубьев, а для коротких пропилов — с мелким шагом;

короткие заготовки режут по наиболее широкой стороне. При резании проката углового, таврового и швеллерного профилей лучше изменять положение заготовки, чем резать по узкой стороне;

в работе должно участвовать все ножовочное полотно;

работают ножовкой не спеша, плавно, без рывков, делая не более 30—60 двойных ходов в минуту. При более быстрых темпах скорее наступает утомляемость, и, кроме того, полотно нагревается и быстрее тупится;

перед окончанием распила ослабляют нажим на ножовку, так как при сильном нажиме ножовочное полотно резко выскакивает из распила, ударяясь о тиски или деталь, в результате чего может нанести травму;

при резке не давать полотну нагреваться. Для уменьшения трения полотна о стенки пропила детали периодически смазывают полотно минеральным маслом или графитовой смазкой, особенно при резке вязких металлов;

латунь и бронзу разрезают только новыми полотнами, так как даже малоизношенные зубья не режут, а скользят;

в случае поломки или выкрашивания хотя бы одного зуба работу немедленно прекращают, удаляют из пропила остатки сломанного зуба, полотно заменяют новым или стачивают на станке 2—3 соседних зуба и после этого продолжают работу.

§ 86. РЕЗАНИЕ НОЖОВКОЙ КРУГЛОГО МЕТАЛЛА

Круглый металл небольших сечений режут ручными ножовками, а заготовки больших диаметров — на отрезных станках, приводных ножовках, дисковых пилах и других станках. На заготовку предварительно наносят разметочную риску, затем заготовку зажимают в слесарных тисках в горизонтальном положении и трехгранным напильником по разметочной риске делают неглубокий пропил для лучшего направления ножовочного полотна. Предварительно полотно смазывают кисточкой вареным маслом.

Установив в пропил ножовку, производят отрезку без отламывания отрезаемой части. Отламывание допускается в том случае, если торцы заготовки будут подвергаться обработке (опиливанию). В этом случае в прутке делают надрезы с двух-четырех сторон, а затем его отламывают, или зажав в тисках, или при помощи молотка, которым наносят удары по прутку (заготовку при этом устанавливают на подкладки).

Для правильного начала реза на неразмеченной заготовке у места реза ставят ногтем большой палец левой руки и полотно ножовки примыкают вплотную к ногтю (рис. 219, *а*), ножовку дер-

жат только правой рукой. Указательный палец этой руки вытягивают вдоль ручки сбоку. Этим обеспечивается устойчивое положение ножовки во время резания.

Резка полосового и квадратного металла. Заготовку закрепляют в тисках и в месте будущего реза трехгранным напильником делают неглубокий пропил для лучшего направления ножовки. В начале операции ножовку немного наклоняют в сто-

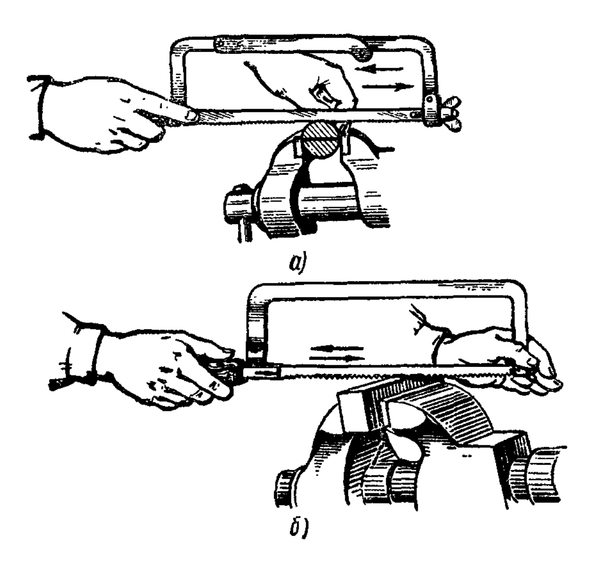


Рис. 219. Резка ножовкой металла:
а — круглого, *б* — полосового

рону от себя (вперед). По мере врезания наклон постепенно уменьшают до тех пор, пока рез не дойдет до противоположной кромки заготовки. Затем заготовку разрезают при горизонтальном положении ножовки (рис. 219, *б*).

Рациональной считается резка полосового материала не по широкой, а по узкой стороне. Это, однако, можно сделать при толщине полосы больше расстояния между тремя зубьями полотна.

Резание ножовкой с поворотом полотна осуществляют при длинных (высоких) или глубоких резах, когда не удается довести рез до конца из-за того, что рамка ножовки упирается в торец заготовки (рис. 220, *а*). При этом меняют положение заготовки и, врезавшись в нее с другого конца, заканчивают резку. Однако есть другой способ: резать ножовкой, полотно которой повернуто на 90° (рис. 220, *б*). Для этого полотно переставляют в боковые прорези головок рамки. При таком положении ножовки работают осторожно, так как при перекосе рамки ножовочное полотно может сломаться. Этим способом также режут металл в деталях с замкнутыми контурами (рис. 220, *в*).

а)

б)

в)

Рис. 220. Резка ножовкой:

а — без поворота полотна, *б* — с повернутым на 90° полотном, *в* — работа в замкнутом контуре

а)

б)

в)

г)

Рис. 221. Работа ножовкой:

а — резка тонкого листа, *б* — вырезание фасонного отверстия лобзиком, *в* — прорезка шлицев, *г* — установка тонких профилей для резки

Резка тонкого листового и профильного металла. Заготовки, детали из тонкого листового материала зажимают между деревянными брусками по одной или по нескольку штук и разрезают вместе с брусками (рис. 221, *а*).

Резка по криволинейным контурам. Чтобы вырезать в металле (листе) фасонное окно (отверстие), просверливают или вырубают отверстия диаметром, равным ширине полотна ножовки или пилы лобзика. Пропустив через это отверстие полотно, закрепляют его в рамке и режут по заданному направлению (рис. 221, *б*).

Шлицы крупных размеров прорезают обыкновенными ножовками с одним или двумя (в зависимости от ширины шлицев) соединенными вместе полотнами (рис. 221, *в*).

Тонкие профили разрезают в плоских деревянных брусках (рис. 221, *г*).

§ 87. РЕЗАНИЕ ТРУБ НОЖОВКОЙ И ТРУБОРЕЗОМ

Перед резкой трубу размечают по шаблону, изготовленному из жести, изогнутой по трубе. Шаблон накладывают на место реза и чертилкой по окружности трубы наносят разметочные риски. Трубы разрезают ножовками и труборезами.

Резка ножовкой. Трубу зажимают в параллельных тисках в горизонтальном положении и режут по риске. Тонкостенные трубы и трубы с чисто обработанной поверхностью зажимают в тисках между специальными деревянными накладками (рис. 222, *а*).

При разрезании трубы ножовку держат горизонтально, а по мере врезания полотна в трубу слегка наклоняют на себя.

В случае защемления полотна вынимают ножовку из прореза, повертывают трубу от себя на 45—60° и продолжают резать, слегка нажимая на полотно. Если ножовку увело в сторону от разметочной риски, трубу поворачивают вокруг оси и режут по риске в новом месте.

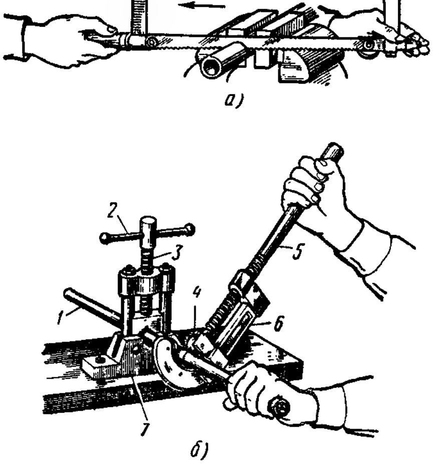


Рис. 222. Резка труб:
а — ножовкой, *б* — труборезом; *1* — труба, *2*, *5* — рукоятки, *3* — винт, *4* — ролик подвижный, *6* — труборез, *7* — прижим

Резка труборезом значительно производительнее, чем ножовками.

Труборезы выполняются трех размеров: № 1 — для разрезания труб диаметром $^1/_4$—$^3/_4$″; № 2 — 1—2$^1/_2$″; № 3—3—4″.

Трубу *1* (рис. 222, *б*) зажимают в прижиме *7* вращением рукоятки *2* с винтом *3* между угловой выемкой основания и сухарем с уступами. Затем на конец зажатой трубы в прижиме *7* надевают труборез *6*. Вращая рукоятку *5* трубореза вокруг своей оси, подводят подвижный ролик *4* трубореза до соприкосновения со стенкой трубы. Далее делают один оборот труборезом вокруг трубы и проверяют линию реза. Если она одинарная и замкнутая, следовательно, ролики установлены правильно.

Резание осуществляют так. У установленного на трубе трубореза повертывают рукоятку на $^1/_4$ оборота, поджимая подвижный ролик к поверхности трубы так, чтобы линия разметки совпала с острыми гранями роликов. Смазывают место реза маслом для охлаждения режущих кромок роликов. Вращают труборез вокруг трубы, перемещая подвижный ролик до тех пор, пока стенки трубы не будут полностью прорезаны. Длину отрезанных труб проверяют линейкой, а плоскость среза по отношению к наружной стенке — угольником.

Трубу при резке можно зажимать в тисках, имеющих рифленые сухари. Тонкостенные трубы режут труборезом с одним роликом. Трубы толстостенные разрезают труборезами с тремя роликами; трубы очень больших диаметров режут труборезом с цепью, на которой укреплено шесть роликов. Наличие нескольких роликов дает возможность значительно ускорить процесс разрезания. Если надо получить ровную, без значительных заусенцев поверхность в месте реза, применяют труборез конструкции новатора А. С. Мисюта. Это обычный трехроликовый труборез, между роликами которого на рычаге в специальной оправке укреплен резец (вылет его можно регулировать). Резец ускоряет процесс резания.

§ 88. МЕХАНИЗИРОВАННОЕ РЕЗАНИЕ

Механизированное резание осуществляется применением различных механических, электрических и пневматических ножовок и ножниц, дисковых пил и другого универсального и специального оборудования.

Ножовочные станки (приводные ножовки) применяют для разрезания сортового и профильного металла. Ножовочный станок 872А (рис. 223), имеющий электрический и гидравлический привод, предназначен для резки различных заготовок из сортового металла круглого сечения диаметром до 50 *мм* и квадратного сечения со стороной не более 40 *мм*. Точность обработки на таком станке ± 2 *мм*, класс чистоты обработки — третий.

Установка тисков на столе станка. На столе станка устанавливают тиски с V-образными губками для закрепления заготовок круглого сечения диаметром до 250 *мм* (рис. 224, *а*) или нескольких заготовок меньшего диаметра (рис. 224, *в*). Тиски с плоскими губками служат для закрепления заготовок больших сечений — от 40 до 250 *мм* (рис. 224, *б*).

Установка заготовок. Тиски устанавливаются на станке с таким расчетом, чтобы ось разрезаемой заготовки проходила посредине хода пильной рамы. При установке заготовки в тисках следят, чтобы заготовка лежала горизонтально и под прямым углом к ножовочному полотну и чтобы линии разметки совпадали с

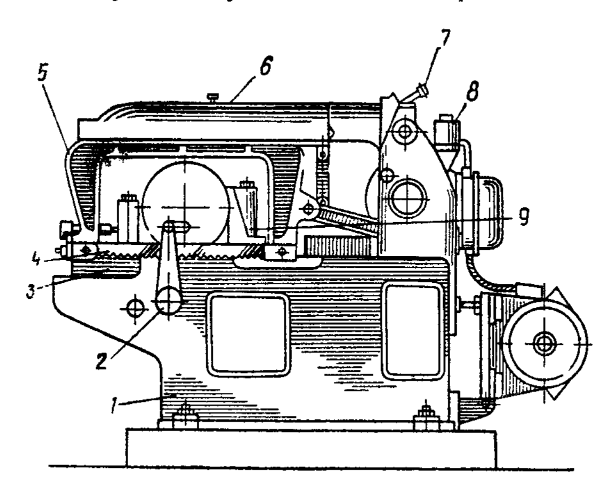


Рис. 223. Ножовочный станок 872А:
1 — станина, *2* — упор, *3* — стол, *4* — ножовочное полотно, *5* — пильная рама, *6* — рукав, *7* — выключатель, *8* — кнопка «пуск — стоп», *9* — машинные тиски

режущей кромкой ножовочного полотна. Для разрезания заготовки под углом сначала под заданным углом устанавливают тиски, затем укладывают в них и надежно закрепляют заготовки.

Установка ножовочного полотна. Полотно устанавливают (рис. 225, *а*) одним концом на штифт *3* неподвижно укрепленной планки *4* пильной рамы *1* так, чтобы зубья полотна были

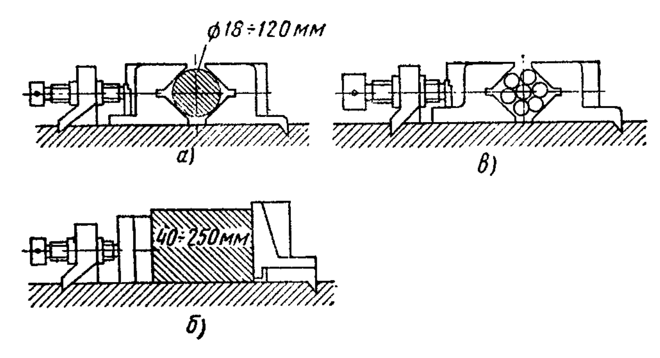


Рис. 224. Способы закрепления металла в зажимных тисках:
а — с V-образными губками для закрепления заготовок круглого сечения, *б* — с плоскими губками для заготовок больших сечений, *в* — одновременное закрепление нескольких заготовок круглого сечения

направлены в сторону рабочего хода. Другой конец полотна надевают на штифт *2* подвижной планки, затем оба конца полотна прижимают накладными планками *7* и *9* к пильной раме болтами *6* и *8* (рис. 225, *б*). Полотно натягивают, завинчивая гайки *5* с не-

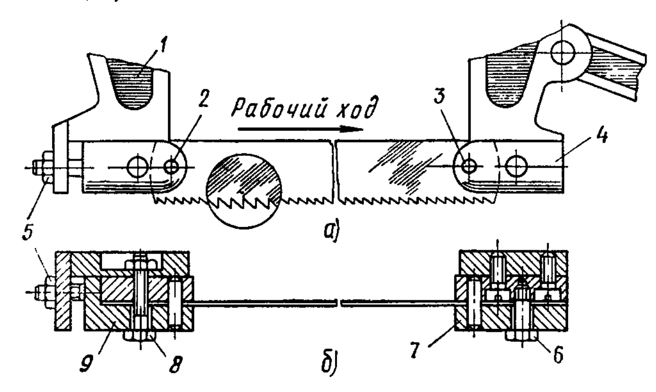


Рис. 225. Установка ножовочного полотна:

а — установка полотна, *б* — натяжение полотна; *1* — пильная рама, *2* — штифт подвижной планки, *3* — штифт неподвижной планки, *4* — неподвижная планка, *5* — гайка, *6, 8* — болты, *7, 9* — накладные планки

которым усилием. Слабо натянутое полотно при резании сломается или сделает неправильный разрез.

Ножовочный станок налаживают для резки твердых металлов на 85, а для резки мягких металлов — на 110 двойных ходов в минуту.

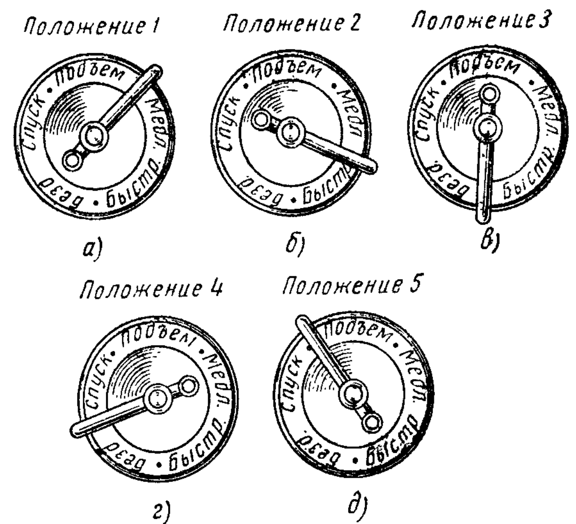


Рис. 226. Эскиз управления механизмом подач:

а — 1-е положение «Бездействие», *б* — 2-е положение «Спуск», *в* — 3-е положение «Подъем», *г* — 4-е положение «Медленное действие», *д* — 5-е положение «Быстрое действие»

Гидропривод станка управляется поворотом рукоятки крана. При первом положении рукоятки крана «Бездействие» (рис. 226, *а*) пильная рама получает возвратно-поступательное движение, при втором положении «Спуск» (рис. 226, *б*) рукав с пильной рамой плавно опускается вниз, при третьем положении «Подъем» (рис. 226, *в*) рукав с пильной рамой плавно поднимается, при четвертом положении «Медленное действие» (рис. 226, *г*) регулируется минимальная подача врезания ножовочного полотна в металл при рабочем ходе.

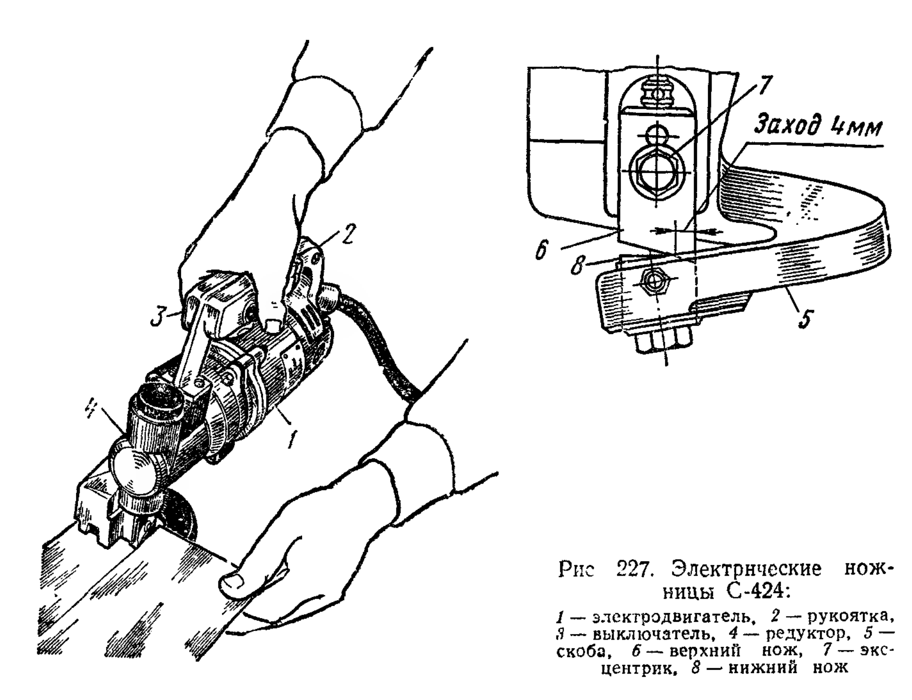


Рис 227. Электрнческие ножницы С-424:

1 — электродвигатель, *2* — рукоятка, *3* — выключатель, *4* — редуктор, *5* — скоба, *6* — верхний нож, *7* — эксцентрик, *8* — нижний нож

При обратном ходе ножовочное полотно немного приподнимается над разрезаемым материалом. При пятом положении «Быстрое действие» (рис. 226, *д*) регулируется наибольшая подача врезания ножовочного полотна в металл при рабочем ходе.

Приступая к разрезанию металла на станке, рукоятку крана гидропривода устанавливают в положение «Спуск» и включают электродвигатель. После того как ножовочное полотно опустится к разрезаемому металлу, рукоятку крана переводят в положение «Медленное действие» для предварительного врезания. Затем рукоятку перемещают по направлению к положению «Быстрое действие», устанавливают желаемую подачу резания.

Дальнейшая работа станка происходит автоматически до окончательного разрезания заготовки. По окончании резки пильная рама автоматически переключает рукоятку крана в положение «Подъем», которое осуществляется до определенной высоты:

выключатель, расположенный на рукаве, нажимает на кнопку «Стоп» и выключает электродвигатель.

Электрические ножницы С-424 вибрационного типа (рис. 227) состоят из электродвигателя *1*, редуктора *4* с эксцентриком *7* и рукоятки *2*. Возвратно-поступательное движение от эксцентрика передается верхнему ножу *6*, нижний нож *8* укреплен на скобе *5*. При резке электроножницы держат правой рукой, охватывая рукоятку всеми пальцами правой руки: указательный палец помещается на рычаге выключателя *3* с курком. Левой рукой лист подают между ножами, направляя под режущую кромку верхнего ножа точно по риске так, чтобы риска была видна.

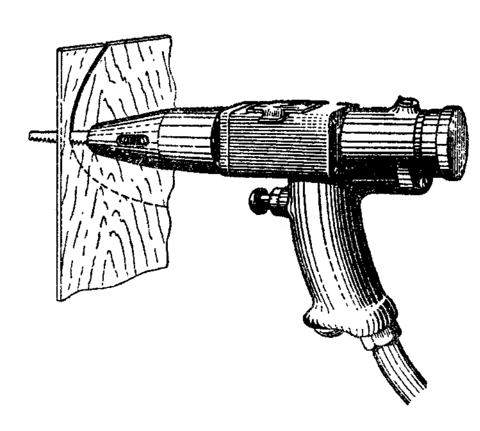


Рис. 228. Пневматическая ножовка

После включения электроножницы направляют правой рукой по линии реза так, чтобы плоскости ножей имели некоторый наклон относительно плоскости разрезаемого металла. Электроножницами разрезают листовую сталь толщиной до 2,7 *мм* и другие листовые материалы. В зависимости от толщины разрезаемого металла и мощности электродвигателя производительность электроножниц достигает 3—6 *м/мин*. Они особенно удобны при резке по фигурному раскрою, так как позволяют резать по контуру с малым радиусом кривизны.

Величину зазора между ножами *6* и *8* устанавливают в зависимости от толщины разрезаемого металла по таблицам и проверяют щупом (при толщине 0,5—0,8 *мм* зазор 0,03—0,048 *мм*, при толщине 1,0—1,3 *мм* зазор 0,06—0,08 *мм*, при толщине 1,6—2,0 *мм* — 0,10—0,13 *мм*).

Пневматические ножницы предназначены для прямолинейной и криволинейной резки металла и приводятся в действие пневматическим роторным двигателем. Наибольшая толщина разрезаемого стального листа средней твердости 3 *мм*, наибольшая скорость резания 2,5 *м/мин*, число двойных ходов ножа в минуту 1600.

Пневматическая ножовка (рис. 228) состоит из рукоятки, пусковой кнопки, ножовочного полотна, преобразователя движения и пневматического двигателя. Максимальная толщина разрезаемого металла 5 *мм*, наименьший радиус 50 *мм*, скорость резания 20 *м/мин*.

Пневматическая пила (рис. 229) применяется для резки труб непосредственно на месте сборки трубопроводов. Пила имеет редуктор *3*, червячное колесо которого смонтировано на од-

ной оси со специальной дисковой фрезой *1*. Закрепляется труба специальным зажимом *5*, который установлен на хвостовике *4*. Зажим крепится шарнирно к рукоятке *2*.

При использовании пневматической пилы на разрезаемых поверхностях труб не образуется наплывов и заусенцев.

Пневматическая пила допускает разрезание труб диаметром до 50—64 *мм*. Диаметр фрезы 190—220 *мм*, число оборотов в минуту фрезы 150—200.

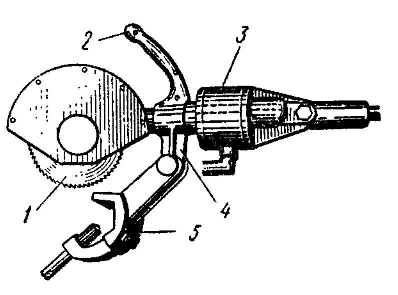


Рис. 229. Пневматическая пила:
1 — фреза, *2* — рукоятка, *3* — редуктор, *4* — хвостовик, *5* — зажим

§ 89. ОСОБЫЕ СЛУЧАИ РЕЗАНИЯ

Абразивной резке (резанию) подвергают закаленную сталь и твердые металлы. Резание осуществляют абразивными кругами из карбида кремния на вулканитовой связке или алмазными кругами на бакелитовой связке. Диаметр кругов от 80 до 400 *мм*, толщина от 0,5 до 5 *мм*, окружная скорость 80 *м/сек*. В процессе резания абразивному кругу сообщаются движения поступательное и качательное.

Газовая резка металла описана в главе «Сварка и резка металлов».

Дуговую резку применяют для разрезки лома, удаления литников и прибылей в отливках, резки чугуна, цветных сплавов и при отсутствии оборудования для газовой резки. Недостатком дуговой резки является неровность краев реза, большая его ширина и образование натеков металла. Дуговую резку целесообразно производить в вертикальном и наклонном положениях детали для улучшения вытекания расплавленного металла, что повышает производительность.

При резке металла толщиной более 20 *мм* применяют металлические электроды и переменный ток. Угольными электродами режут на переменном токе.

Резка металла под водой применяется при аварийно-восстановительных и судоподъемных работах. Для резки используют угольные и металлические электроды, покрытые водонепроницаемой обмазкой. В электрическую дугу добавочно подается режущий кислород.

При газовой резке под водой применяют резаки особой конструкции, имеющие колпачки, надеваемые на режущую головку. При резке на глубине до 20 *м* в качестве горючего применяется ацетилен, а при резке на глубине до 40 *м* — водород. В процессе резки вода оттесняется от пламени продуктами горения или сжатым воздухом. С увеличением глубины повышают давление газа или сжатого воздуха.

Техника безопасности при резке металла:

оберегать руки от ранения о режущие кромки ножовки и заусенцы на металле;

следить за положением пальцев левой руки, поддерживая лист снизу;

не сдувать опилки и не удалять их руками во избежание засорения глаз или ранения рук;

не загромождать рабочее место ненужными инструментами и деталями;

не снимать, не смазывать движущиеся и вращающиеся части, не переводить ремень со ступени на ступень при работе ножовочного станка.

Вопросы для самопроверки

1. Чем следует руководствоваться при выборе полотна для резки материала?
2. Какое влияние оказывает материал заготовки и длина пропила на выбор ножовочного полотна?
3. Как правильно установить ножовочное полотно в станке? Куда должны быть направлены зубья в установленном в рамку полотне?
4. Почему при разрезании мягких и вязких металлов выбирают ножовочные полотна с малым шагом зубьев, а при разрезании стали и чугуна с большим шагом?

Глава XXII

ОПИЛИВАНИЕ

§ 90. СУЩНОСТЬ ОПИЛИВАНИЯ. НАПИЛЬНИКИ

Опиливанием называется снятие слоя с поверхности заготовки (детали) посредством режущего инструмента — напильника.

С помощью напильника слесарь придает деталям требуемую форму и размеры, производит пригонку деталей друг к другу, подготовляет кромки деталей под сварку и выполняет другие работы.

При помощи напильников обрабатывают плоскости, криволинейные поверхности, пазы, канавки, отверстия любой формы, поверхности, расположенные под разными углами, и т. п. Припуски на опиливание оставляются небольшими — от 0,5 до 0,025 *мм*. Точность обработки опиливанием от 0,2 до 0,05 *мм*, в отдельных случаях до 0,001 *мм*.

Ручная обработка напильником в настоящее время в значительной степени заменена опиливанием на специальных станках, но полностью ручное опиливание эти станки вытеснить не могут, так как пригоночные работы при сборке и монтаже оборудования часто приходится выполнять вручную.

Напильник представляет собой стальной брусок определенного профиля и длины, на поверхности которого имеются насечки (нарезки), образующие мелкие и острозаточенные зубцы, имею-

щие в сечении форму клина. Напильники изготовляют из стали У13 или У13А (допускается легированная хромистая сталь ШХ15 или 13Х), после насечки подвергают термической обработке. Напильник показан на рис. 230.

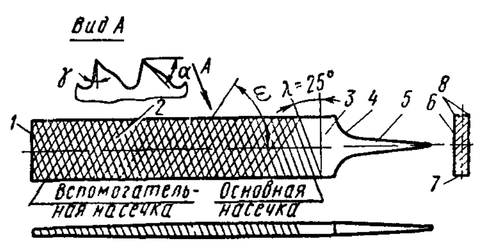


Рис. 230. Напильник слесарный общего назначения:

1 — носок, *2* — рабочая часть, *3* — ненасеченный участок, *4* — заплечик, *5* — хвостовик, *6* — широкая сторона, *7* — узкая сторона, *8* — ребра

Виды и основные элементы насечек. Насечки на поверхности напильника образуют зубья, которые снимают стружку с обрабатываемого материала. Зубья напильников получают на пилонасекательных станках при помощи специального зубила, на фрезерных станках — фрезами, на шлифовальных станках — специальными шлифовальными кругами, а также путем накатывания, протягивания на протяжных станках — протяжками и на зубонарезных станках. Каждым из указанных способов насекается свой профиль зуба. Однако независимо от способа получения насечки, каждый зуб имеет задний угол α, угол заострения β, передний угол γ и угол резания δ (рис. 231).

Рис. 231. Геометрия зубьев напильника:

а — насеченных, *б* — полученных фрезерованием или шлифованием, *в* — полученных протягиванием

Для напильников с насеченным зубом (рис. 231, *а*) γ — отрицательный до —16°, β=70°, α=36°, δ=106°;

для напильников с фрезерованными и шлифованными зубьями (рис. 231, *б*) γ=5—10°, β=60—65°, α=20—25°, δ=80—88°;

для напильников с зубьями, полученными протягиванием (рис. 231, *в*) γ=—5°, β=55°, α=40°, δ=95°.

Протянутый зуб имеет впадину с плоским дном. Эти зубья лучше врезаются в обрабатываемый металл, что значительно повышает производительность труда. Кроме того, напильники с такими зубьями более стойки, так как зубья не забиваются стружкой.

Чем меньше насечек на 1 *см* длины напильника, тем крупнее зуб. Различают напильники с одинарной, или простой, насечкой (рис. 232, *а*), с двойной, или перекрестной (рис. 232, *б*),

точечной, или с рашпильной (рис. 232, *в*), и дуговой (рис. 232, *г*).

Напильники с одинарной насечкой могут снимать широкую стружку, равную длине всей насечки. Их применяют при опиливании мягких металлов (латуни, цинка, баббита, свинца, алюминия, бронзы, меди и т. п.) с незначительным сопротивлением резанию, а также неметаллических материалов. Кроме того, эти напильники используют для заточки пил, ножей, а также для обработки дерева и пробки. Одинарная насечка наносится под углом $\lambda=25°$ к оси напильника.

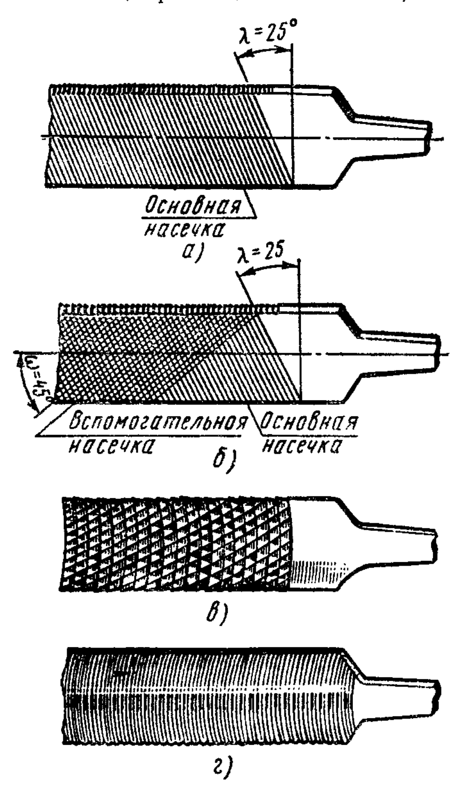


Рис. 232. Виды насечек напильника:
а — одинарная (простая), *б* — двойная (перекрестная), *в* — рашпильная, *г* — дуговая

Напильники с двойной, или перекрестной, насечкой применяют для опиливания стали, чугуна и других твердых материалов с большим сопротивлением резанию. В напильниках с двойной насечкой сначала насекается нижняя — глубокая насечка, называемая основной, а поверх нее — верхняя, неглубокая насечка, называемая вспомогательной; она разрубает основную насечку на большое количество отдельных зубьев.

Перекрестная насечка размельчает стружку, что облегчает работу. Основная насечка выполняется под углом $\lambda=25°$, а вспомогательная под углом $\omega=45°$.

Расстояние между соседними зубьями насечки называется шагом. Шаг основной насечки больше шага вспомогательной. В результате зубья располагаются друг за другом по прямой, составляющей с осью напильника угол 5°, и при его движении следы зубьев частично перекрывают друг друга, поэтому на обработанной поверхности уменьшается шероховатость, поверхность получается более чистой и гладкой.

Рашпильная (точечная) насечка получается вдавливанием металла специальными трехгранными зубилами, оставляющими расположенные в шахматном порядке вместительные выемки, способствующие лучшему размещению стружки. Рашпилями обрабатывают очень мягкие металлы и неметаллические материалы.

Дуговую насечку получают фрезерованием. Она имеет большие впадины между зубьями и дугообразную форму, обеспечивающую высокую производительность и повышенную чистоту обрабатываемых поверхностей. Эти напильники применяются при обработке кузовов автомобилей и других изделий.

§ 91. КЛАССИФИКАЦИЯ НАПИЛЬНИКОВ

Напильники по назначению (ГОСТ 1465—69) подразделяют на следующие группы: общего назначения; специального назначения; надфили; рашпили; машинные.

Напильники общего назначения предназначаются для общеслесарных работ. По числу насечек на 1 *пог. см* длины делятся на следующие номера.

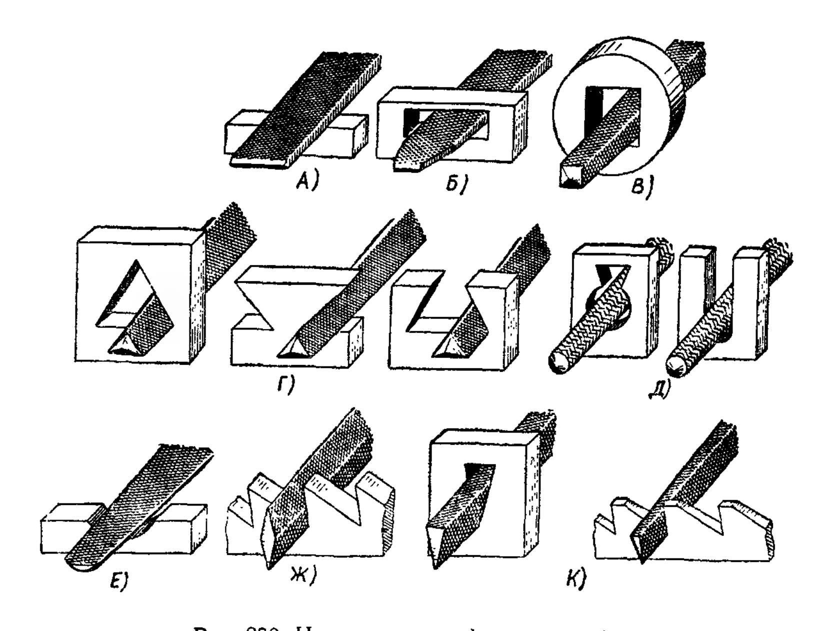


Рис. 233. Напильники по форме сечения:
А, Б — плоские, *В* — квадратные, *Г* — трехгранные, *Д* — круглые, *Е* — полукруглые, *Ж* — ромбические, *К* — ножовочные

Напильники с насечкой № 0 и 1 (драчевые) имеют наиболее крупные зубья и служат для грубого опиливания, когда требуется удалить большой слой металла — 0,5—1,0 *мм*. Точность обработки этим напильником не превышает 0,2—0,5 *мм*.

Напильники с насечкой № 2 (личные) применяются для чистового опиливания изделий с точностью 0,02—0,15 *мм*. Снимаемый слой металла не превышает 0,1 до 0,3 *мм*.

Напильники с насечкой № 3 и 4 (бархатные) служат для окончательной отделки изделий. Они снимают слой не более 0,025 до 0,05 *мм* при точности обработки от 0,01 до 0,005 *мм*.

Напильники выпускаются (ГОСТ 1465—69) длиной 100, 125, 150, 200, 250, 300, 350 и 400 *мм*. По форме поперечного сечения они делятся на восемь следующих типов.

А — плоские, Б — плоские остроносые (рис. 233, *А*, *Б*) применяются для опиливания наружных или внутренних плоских поверхностей, а также пропиливания шлицев и канавок.

В — квадратные напильники (рис. 233, *В*) используются для распиливания квадратных, прямоугольных и многоугольных отверстий, а также для опиливания узких плоских поверхностей.

Г — трехгранные напильники (рис. 233, *Г*) служат для опиливания острых углов как с внешней стороны детали, так и в пазах, отверстиях и канавках.

Е — полукруглые напильники (рис. 233, *Е*) применяются для выпиливания закруглений в углах, пазах сложного профиля, а также углов менее 60°. Плоской стороной опиливают поверхности, а полукруглой — вогнутые (полукруглые) выемки.

Д — круглые напильники (рис. 233, *Д*) используются для распиливания круглых или овальных отверстий и вогнутых поверхностей.

Ж — ромбические напильники (рис. 233, *Ж*) применяются для опиливания зубьев зубчатых колес, дисков и звездочек, а также для снятия заусенцев с зубьев этих деталей после обработки их на станках.

К — ножовочные напильники (рис. 233, *К*) служат для опиливания внутренних углов, клиновидных канавок, узких пазов, плоскостей в трехгранных, квадратных и прямоугольных отверстиях, а также при изготовлении режущих инструментов и штампов.

Ножовочные напильники изготовляются только по специальному заказу. Ромбические и ножовочные напильники изготовляются только с насечками № 2, 3, 4, 5 длиной: ромбические 100—250 *мм* и ножовочные — 100—315 *мм*.

Напильники специального назначения изготавливаются по ведомственным нормалям: для обработки цветных сплавов, изделий из легких сплавов и неметаллических материалов, а также тарированные.

Напильники для обработки цветных сплавов в отличие от слесарных напильников общего назначения имеют другие, более рациональные для данного конкретного сплава углы наклона насечек и более глубокую и острую насечку, что обеспечивает высокую производительность и стойкость напильников. Напильники выпускаются только плоскими и остроносыми с насечкой № 1 и предназначаются для обработки бронзы, латуни и дюралюминия.

Напильники для обработки бронзы имеют двойную насечку: верхняя под углом 45°, а нижняя под углом 60°; для латуни соответственно: 30 и 85°; для дюралюминия: 50 и 60°.

Напильники для обработки изделий из легких сплавов и неметаллических материалов. Обычные

напильники, применяемые слесарями при обработке изделий из легких и мягких сплавов (алюминий, дюралюминий, медь, баббит, свинец) и неметаллических материалов (пластмасса, гетинакс, текстолит, оргстекло, дерево, резина и т. д.), имеют мелкую насечку, поэтому при работе быстро забиваются стружкой и выходят из строя. Применяют также напильники со специальной державкой (рис. 234, *а*), позволяющие устранить указанные недостатки. Этот напильник имеет размеры 4×40×300 *мм* и насечку в виде дуговых канавок (рис. 234, *б*) для выхода стружки при значительно увеличенном шаге по сравнению с обычными драчевыми напильниками. Производительность работы такими напильниками повышается в два-три раза.

Тарированные напильники применяются во всех случаях, когда требуется проверять твердость в малодоступных для алмазного наконечника частях изделия (боковой профиль зуба

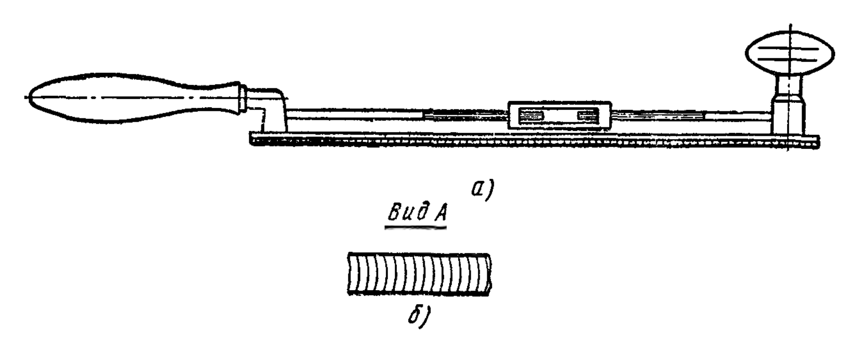


Рис. 234. Напильник для обработки изделий из легких сплавов и неметаллических материалов:
а — общий вид, *б* — насечка

зубчатого колеса, режущее лезвие фрезы и др.) и при контроле твердости непосредственно у рабочего места закальщика. Напильники тарируются на определнную твердость в зависимости от твердости изделий. Они отличаются от соответственно нормализованных напильников повышенным и стабильным качеством.

Алмазные напильники применяются для обработки и доводки твердосплавных частей инструментов и штампов. Алмазный напильник представляет собой металлический стержень с рабочей поверхностью и сечением нужного профиля, на которую нанесен очень тонкий алмазный слой. Алмазная рабочая часть напильников изготавливается различной зернистости для предварительной и окончательной доводки.

Надфили. Небольшие напильники называют надфилями, их применяют для лекальных, граверных, ювелирных работ, для зачистки в труднодоступных местах (отверстий, углов, коротких участков профиля и др.).

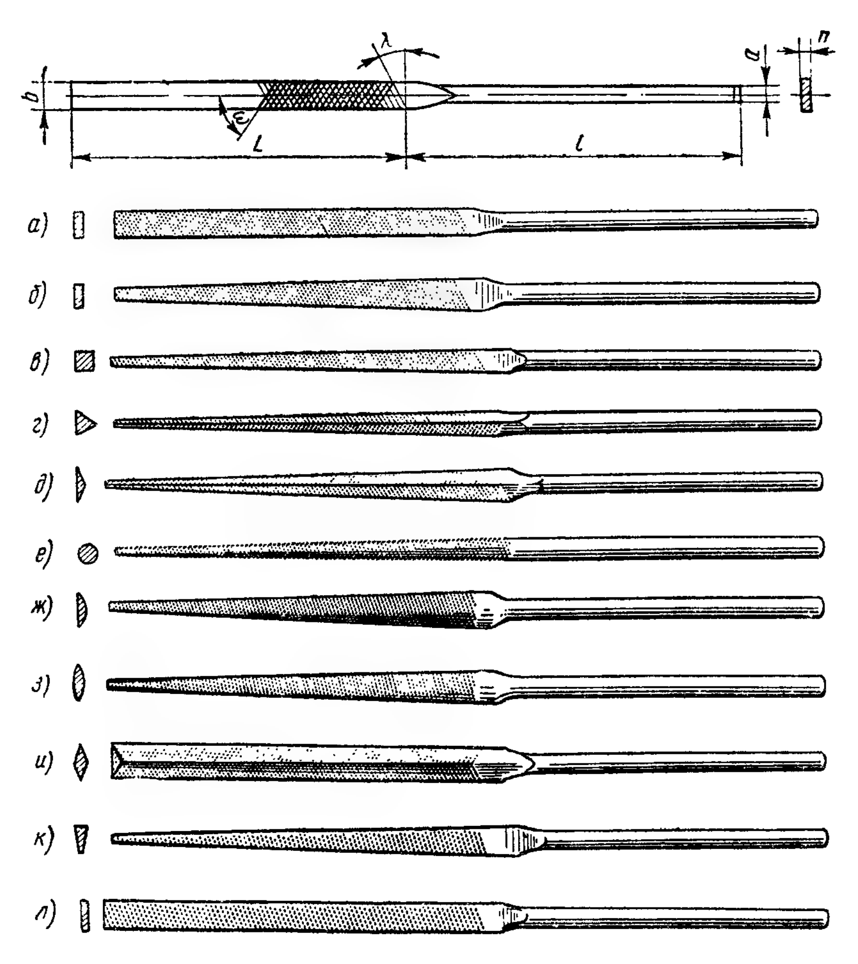


Рис. 235. Надфили:

а — плоские тупоносые, *б* — плоские остроносые, *в* — квадратные, *г* — трехгранные, *д* — трехгранные односторонние, *е* — круглые, *ж* — полукруглые, *з* — овальные, *и* — ромбические, *к* — ножовочные, *л* — пазовые

Надфили имеют такую же форму (рис. 235), как и слесарные напильники. Изготовляются надфили из стали У13 или У13А, допускается У12 или У12А. Длина надфилей по ГОСТ 1513—67 установлена 80, 120 и 160 *мм*. На рабочей части надфиля на длине 40, 60, 80 наносятся насечки. Надфили имеют перекрестную (двойную) насечку (см. рис. 232): основную — под углом $\lambda = 25°$ и вспомогательную $\omega = 45°$. Узкая сторона надфиля имеет одинарную насечку (основную).

В зависимости от количества насечек, приходящихся на каждые 10 *мм* длины, надфили разделяются на пять типов: № 1, 2, 3,

4 и 5. В зависимости от типа надфили имеют от 20 до 112 насечек. На рукоятке каждого надфиля наносится номер насечки.

Алмазные надфили применяют для обработки твердосплавных материалов, различных видов керамики, стекла, а также для доводки режущего твердосплавного инструмента (рис. 236). Надфили изготовляют из природных и синтетических алмазных порошков различной зернистости с прямоугольной, квадратной, круглой,

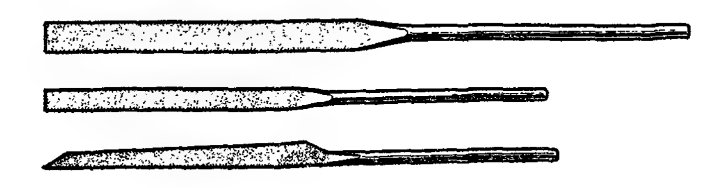


Рис. 236. Алмазные надфили

полукруглой, овальной, трехгранной, ромбической и другой формой поперечного сечения. Обработкой надфилями получают поверхности 9—10-го класса чистоты.

Рашпили предназначены для обработки мягких металлов, кости, кожи, дерева, каучука и других подобных материалов. Стандартизованы три основных вида рашпилей: общего назначения, сапожные и копытные.

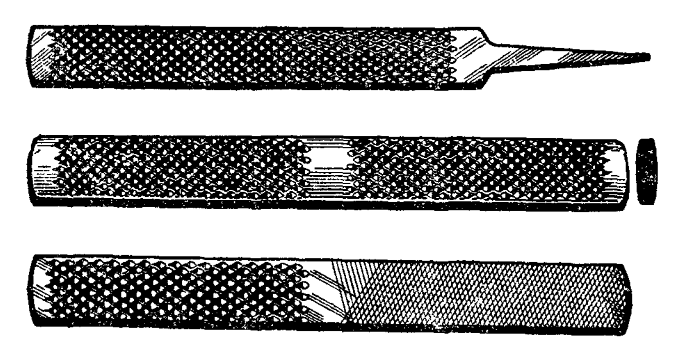


Рис. 237. Рашпили

В зависимости от профиля рашпили общего назначения (рис. 237) подразделяются на плоские (тупоносые и остроносые), круглые и полукруглые с насечкой № 1—2 и длиной от 250 до 350 *мм*. Зубья рашпиля имеют большие размеры и вместительные канавки, расположенные впереди каждого зуба.

Машинные напильники (стержневые — для опиловочных станков с возвратно-поступательным движением) малых размеров закрепляются в специальных патронах, а напильники средних размеров имеют с обеих сторон хвостовики, которыми они

закрепляются в центрах-держателях станков (рис. 238). Эти напильники изготавливаются таких же профилей, как и нормальные слесарные напильники, с такими же видами насечек.

Вращающиеся напильники (борнапильники, дисковые и пластинчатые) применяются для опиливания и зачистки поверхностей на специальных опиловочных станках с вращательным движением.

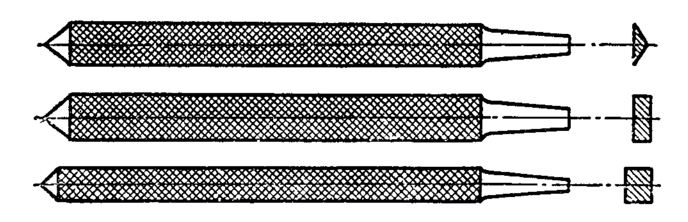


Рис. 238. Машинные напильники

Борнапильники (рис. 239, *а*) — это фасонные головки с насеченными или фрезерованными зубьями. Изготовляются целыми (с хвостовиками) и насадными (навертываются на оправку).

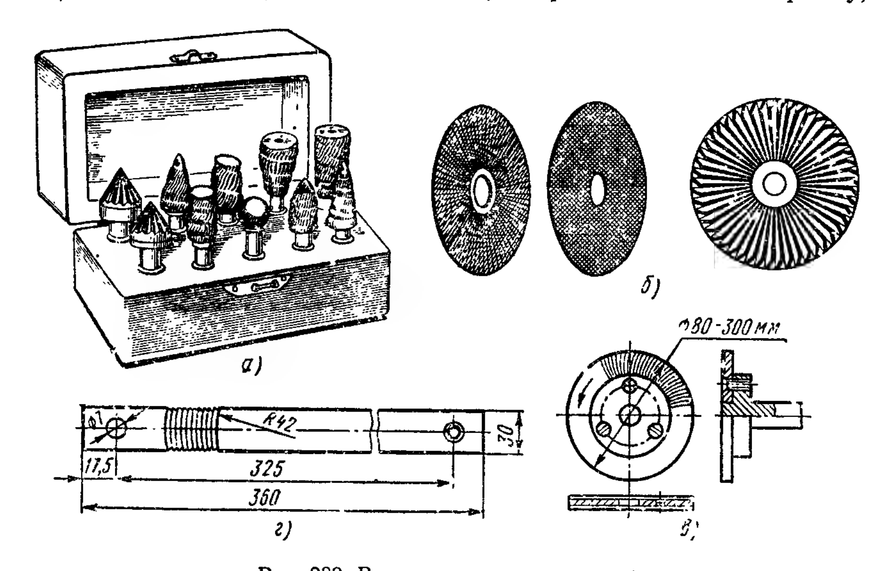


Рис. 239. Вращающиеся напильники:
а — фасонные головки, *б* — дисковые, *г* — пластинчатый; *в* — приспособление для крепления дисковых напильников

Борнапильники имеют угловую, шаровидную, цилиндрическую, фасонную и другую форму. Ими обрабатывают фасонные поверхности.

Дисковые напильники (рис. 239, *б*) применяются для зачистки отливок, поковок, снятия заусенцев на станках типа наж-

дачных точил. Диск изготовляют диаметром 150—200 *мм* и толщиной 10—20 *мм*. Зубья фрезерованные или насеченные. Диски закрепляются при помощи приспособления (рис. 239, *в*).

Пластинчатые напильники (рис. 239, *г*) представляют собой бруски прямоугольного или круглого сечения с соответствующей насечкой. Эти напильники не имеют хвостовиков, а крепятся к гибкой, непрерывно движущейся ленте заклепками.

§ 92. НАСАДКА РУКОЯТОК НАПИЛЬНИКОВ

Для того чтобы удобнее держать напильник при работе, на его хвостовик насаживают деревянную рукоятку, изготовленную из клена, ясеня, березы, липы или прессованной бумаги; последние лучше, так как не раскалываются.

Поверхность рукоятки должна быть гладкой, отполированной. Длина рукоятки должна соответствовать величине напильника. Размеры рукояток приводятся в справочниках.

Диаметр отверстия рукоятки не должен быть больше ширины средней части хвостовика напильника, а глубина отверстия должна соответствовать длине хвостовика. Отверстие для напильника просверливают или выжигают, а чтобы рукоятка не раскалывалась, на ее конец насаживают стальное кольцо.

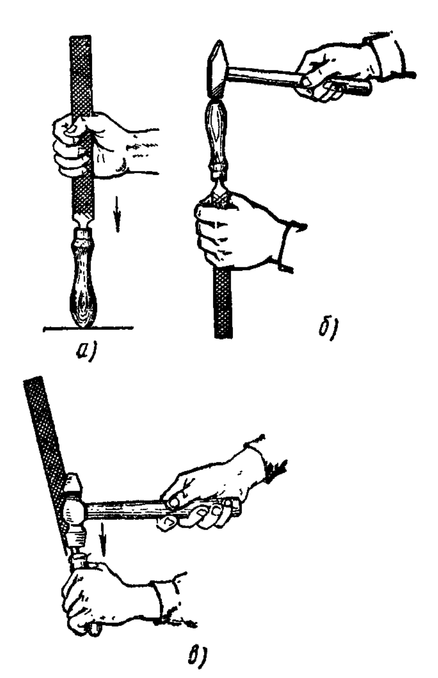


Рис. 240. Насадка и снятие рукоятки напильника:
насадка: *а* — ударом о верстак, *б* — ударом молотка; *в* — снятие ударом молотка

Чтобы насадить напильник, хвостовик его вставляют в отверстие рукоятки, и взяв напильник за насеченную часть правой рукой, не очень сильно ударяют головкой рукоятки о верстак (рис. 240, *а*) или молотком по рукоятке (рис. 240, *б*). Чтобы снять рукоятку с напильника, левой рукой крепко обхватывают рукоятку, а правой рукой молотком наносят два-три несильных удара по верхнему краю кольца (рис. 240, *в*), после чего напильник легко выходит из отверстия.

Новые рукоятки напильников. Как известно, деревянные рукоятки для напильников имеют ряд недостатков: при насадке, несмотря на наличие металлического кольца, часто раскалываются, не всегда обеспечивается плотность насадки, в результате чего рукоятка во время работы может соскакивать, наносить

травмы. Кроме того, если рукоятка насажена на напильник какого-то определенного размера, то насадить на напильник меньшего размера ее уже нельзя, так как из-за разности размеров хвостовиков трудно обеспечить плотность насадки. Поэтому на рабочем месте слесаря необходимо иметь все напильники с насаженными рукоятками, что не всегда удобно.

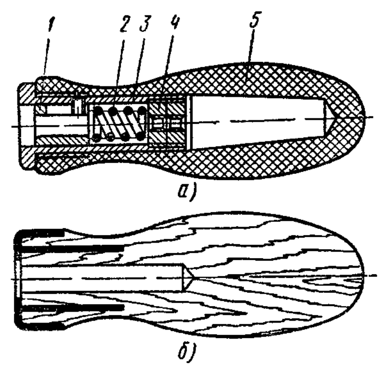


Рис. 241. Быстросменная (*а*) и долговечная (*б*) рукоятки напильника:
1 — втулка, 2 — пружина, 3 — стакан, 4 — гайка, 5 — корпус

Заслуживает внимания универсальная быстросъемная рукоятка для напильников с коническим хвостовиком (рис. 241, *а*). Величина хвостовика напильника, а следовательно, и величина самого напильника существенной роли не играют. Поэтому на рабочем месте слесарь может иметь пять-шесть рукояток и насаживать их на напильники, необходимые для выполнения данной работы.

Рукоятка устроена так. Внутрь пластмассового корпуса (собственно рукоятки) *5* запрессован металлический стакан *3*, донышком которого являются гайки *4* с термообработанной резьбой. В стакан помещена пружина *2* и втулка *1* с пазом. От проворачивания и выпадения из рукоятки втулку предохраняет штифт, завернутый в стакан. Относительно стакана втулка может иметь только поступательное движение. Для того чтобы насадить рукоятку на напильник, ее надевают на хвостовик и вращают, при этом гайки *4* навинчиваются на хвостовик. Второй точкой опоры хвостовика является втулка, поджимаемая пружиной, причем положение втулки в стакане зависит от размеров хвостовика напильника.

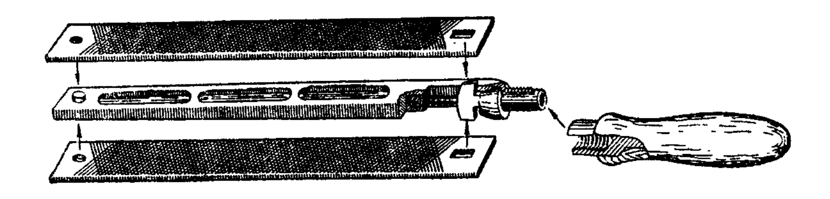


Рис. 242. Безопасная рукоятка

Новаторы производства используют долговечную деревянную рукоятку для напильников (рис. 241, *б*), в которой одновременно сверлится отверстие хвостовика напильника и втулки. Сверлят комбинированным сверлом с кольцевой фрезой. В отверстие, сделанное кольцевой фрезой, вставляется втулка, изготовленная из

трубки. Втулка предохраняет рукоятку от раскалывания даже при сильных ударах в момент закрепления напильника. После долгого пользования рукояткой в разработанное отверстие можно вставить пробку. Снаружи на рукоятку надевают штампованный колпачок с отверстием.

Безопасны в работе напильники с рукояткой, навинчиваемой на хвостовик (рис. 242). Устройство такого напильника допускает использование сменных полотен, имеющих на двух сторонах различные насечки и допускающие быструю смену их.

Уход за напильниками. При работе с напильниками необходимо соблюдать следующие правила:

предохранять напильники даже от незначительных ударов, которые могут повредить зубья. Хранят напильники на деревянных подставках в положении, исключающем соприкосновение их между собой;

для предохранения от коррозии не допускать попадания на них влаги; темный цвет свидетельствует, что напильник окислился или плохо закален. Новые напильники имеют светло-серый цвет;

оберегать от попадания масла и наждачной пыли. Замасленные напильники не режут, а скользят, поэтому не следует протирать напильник рукой, поскольку на руке всегда имеется жировая пленка. Наждачная пыль забивает впадины зубьев, и напильник плохо режет;

для предохранения от забивания стружками мягких и вязких металлов напильники перед работой натереть мелом (при опиливании алюминия — стеарином);

во избежание преждевременного износа напильников перед опиливанием заготовок, поверхности которых покрыты ржавчиной, необходимо удалить с них ржавчину механическим способом — при помощи металлических щеток или специальной шлифовальной машинки;

нельзя обрабатывать напильником материалы, твердость которых равна или превышает его твердость. Это вызовет выкрашивание зубьев. Поэтому при обработке поверхностей с литейной коркой или с наклепом сначала срубают корку зубилом или снимают наждаком и только после этого начинают опиливание; напильники применять только по их назначению;

новым напильником лучше обрабатывать сначала мягкие металлы, а после некоторого затупления — твердые металлы. Это увеличит срок эксплуатации напильника;

периодически очищать напильники от стружки, время от времени постукивать носком напильника о верстак для очистки его от опилок.

Напильник очищают кордовой щеткой (рис. 243, *а*), одна сторона которой (проволочная) служит для удаления застрявших во впадинах насечки частиц металла, вторая (щетинная) — для завершения чистки.

В ручки щетки вставлен металлический стержень с расплющенным концом, называемый прочисткой, он служит для удаления тех

частиц, которые застряли после чистки проволочной щеткой. При отсутствии щеток зубья напильника очищают также специальными скребками из алюминия, латуни или другого мягкого металла (рис. 243, *б*). Твердая стальная или медная проволока для этой цели не годится, так как стальная портит насечку, а медная омедняет зубья.

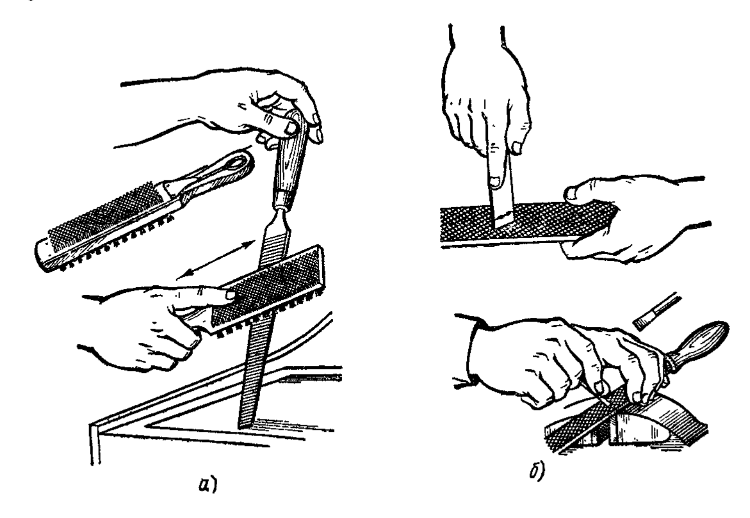


Рис. 243. Чистка напильника:
а — кордовыми щетками, *б* — скребками из мягкого металла

Замасленные напильники чистят сначала куском березового угля, натирая вдоль рядов насечек, а затем щеткой.

Подготовка поверхности к опиливанию. Заготовку очищают металлическими щетками от грязи, масла, формовочной земли, окалины, литейную корку срубают зубилом, удаляют наждаком или старым напильником.

Закрепление заготовки. Обрабатываемую заготовку зажимают в тисках опиливаемой плоскостью горизонтально, на 8—10 *мм* выше уровня губок. Заготовку с обработанными поверхностями закрепляют, надев на губки нагубники из мягкого материала (медь, латунь, алюминий, мягкая сталь).

§ 93. ТЕХНИКА И ПРИЕМЫ ОПИЛИВАНИЯ

Положение корпуса считается правильным, если правая рука с напильником, установленным на губках тисков (исходное положение), согнутая в локте, образует угол 90° между плечевой и локтевой частью руки (рис. 244, *а*). При этом корпус работающего должен быть прямым и развернутым под углом 45° к линии оси тисков (рис. 244, *б*).

Положение ног. При начале рабочего хода напильника вес тела приходится на правую ногу, при нажиме центр тяжести переходит на левую ногу. Этому соответствует такая расстановка ног: левая выносится (отводится) вперед и влево на полшага, а правая относится несколько назад так, чтобы середина ее ступни находилась против пятки левой ноги, а угол, образуемый линией осей ступней, составлял 40—60°. Расстояние между пятками ног не должно быть более 200 *мм* (рис. 244, *в*).

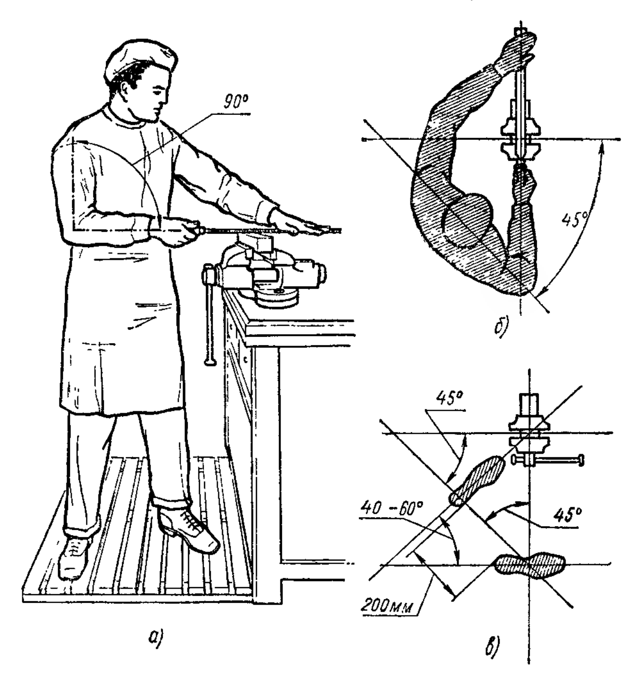


Рис. 244. Положение при опиливании:
а — корпуса, *б* — корпуса, развернутого под углом 45°, *в* — ног

При рабочем ходе напильника (от себя) основная нагрузка приходится на левую ногу, а при обратном (холостом) ходе — на правую, поэтому мышцы ног попеременно отдыхают.

При снятии напильником толстых слоев металла приходится нажимать на напильник с большой силой, поэтому правую ногу отставляют от левой назад на полшага, и правая нога в этом случае является основной опорой. При слабом нажиме на напильник, например при доводке или отделке поверхности, стопы ног располагают почти рядом. Эти работы, как точные, чаще выполняют сидя.

Положение рук (хватка напильника) имеет чрезвычайно важное значение. Слесарь берет в правую руку напильник за рукоятку так, чтобы рукоятка упиралась в ладонь руки, четыре

пальца захватывали рукоятку снизу, а большой палец помещался сверху (рис. 245, *а*). Ладонь левой руки накладывают несколько поперек напильника на расстоянии 20—30 *мм* от его носка. При этом пальцы должны быть слегка согнуты, но не свисать

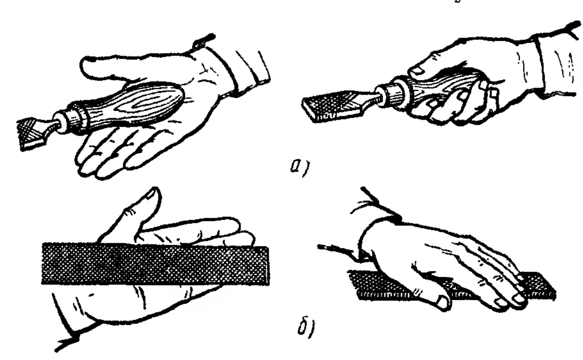


Рис. 245. Положение рук при опиливании:
а — правой, *б* — левой

(рис. 245, *б*); они не поддерживают, а только прижимают напильник. Локоть левой руки должен быть немного приподнят. Правая рука от локтя до кисти должна составлять с напильником прямую линию.

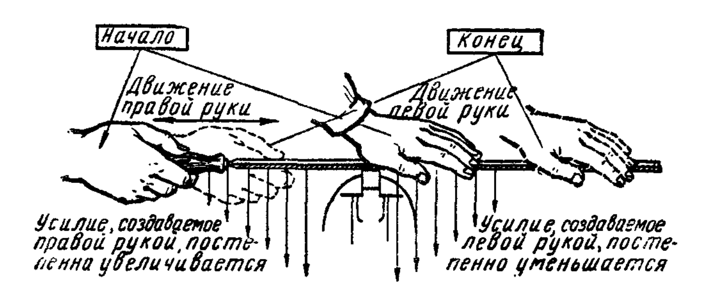


Рис. 246. Распределение усилий нажима при опиливании

Координация усилий. При опиливании должна соблюдаться координация усилий нажима (балансировка), заключающаяся в правильном увеличении нажима правой руки на напильник во время рабочего хода и при одновременном уменьшении нажима левой руки (рис. 246). Движение напильника должно быть строго горизонтальным, поэтому нажимы на рукоятку и носок напильника должны изменяться в зависимости от положения точки опоры напильника на обрабатываемой поверхности. При рабочем движении напильника нажим левой рукой постепенно уменьшают. Регулируя нажимы на напильник, добиваются получения ровной опиливаемой поверхности без завалов по краям.

В случае ослабления нажима правой руки и усиления левой может произойти завал поверхности вперед. При усилении нажима правой руки и ослаблении левой руки получится завал назад.

Прижимать напильник к обрабатываемой поверхности необходимо только при рабочем ходе (от себя). При обратном ходе не следует отрывать напильник от поверхности детали. Во время обратного хода напильник должен лишь скользить. Чем грубее обработка, тем больше должно быть усилие при рабочем ходе.

При чистовом опиливании иажим на напильник должен быть значительно меньше, чем при черновом. В этом случае левой рукой нажимают на носок напильника не ладонью, а лишь большим пальцем.

§ 94. ВИДЫ ОПИЛИВАНИЯ

Опиливание плоскостей является сложным и трудоемким процессом. Чаще всего дефектом при опиливании плоскостей является неплоскостность. Работая напильником в одном направлении, трудно получить правильную и чистую поверхность. Поэтому направление движения напильника, а следовательно, положение штрихов (следов напильника) на обрабатываемой поверхности должно меняться, т. е. попеременно с угла на угол.

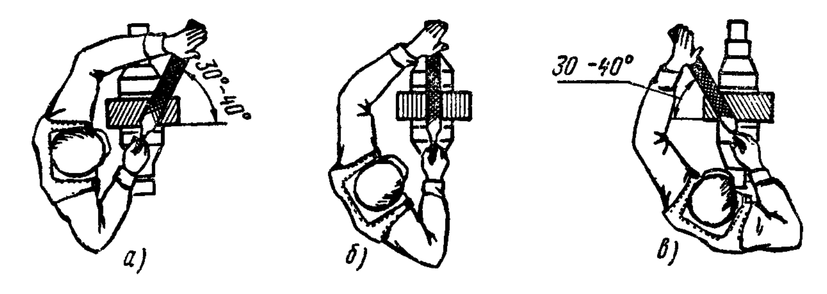


Рис. 247. Опиливание:
а — слева направо, *б* — прямым штрнхом, *в* — справа налево (косым штрихом)

Сначала опиливание выполняют слева направо (рис. 247, *а*) под углом 30—40° к оси тисков, затем, не прерывая работы, прямым штрихом (рис. 247, *б*) и заканчивают опиливание косым штрихом под тем же углом, но справа налево (рис. 247, *в*). Такое измеиение направления движения напильника обеспечивает получение необходимой плоскостности и чистоты поверхности.

Контроль опиленной поверхности. Для контроля опиленных поверхностей пользуются поверочными линейками, штангенциркулями, угольниками и поверочными плитами. Поверочную линейку выбирают в зависимости от длины проверяемой поверхности, т. е. поверочная линейка по длине должна перекрывать проверяемую поверхиость.

Проверка качества опиливания поверхиости поверочной линейкой производится на просвет. Для этого деталь освобождают из тисков и поднимают на уровень глаз; поверочную линейку берут правой рукой за середину и прикладывают ребро поверочной линейки перпендикулярно проверяемой поверхности.

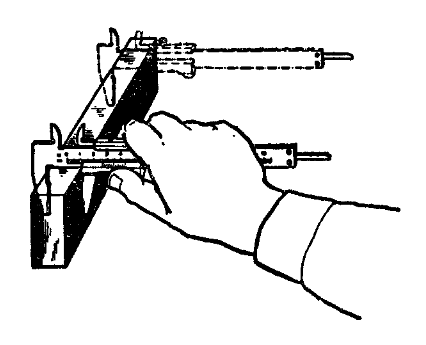


Рис. 248. Проверка параллельности опиленной поверхности штангенциркулем

Для проверки поверхности во всех направлениях сначала линейку ставят по длинной стороне в 2—3 местах, затем по короткой — также в 2—3 местах и, наконец, по одной и другой диагоналям. Если просвет между линейкой и проверяемой поверхностью узкий и равномерный, значит плоскость обработана удовлетворительно.

Во избежание износа линейку не следует передвигать по поверхности, каждый раз ее отнимают от проверяемой поверхности и переставляют в нужное положение.

В тех случаях, когда поверхность должна быть опилена особо тщательно, проверка точности опиливания производится с помощью поверочной плиты на краску. В этом случае на рабочую поверхность поверочной плиты с помощью тампона (свернутой тряпочки) наносится тонкий равномерный слой краски (синька, сажа или сурик, разведенный в масле). Затем поверочную плиту накладывают на проверяемую поверхность (если деталь громоздкая), делают несколько круговых движений, после этого плиту снимают. На недостаточно точно обработанных (выступающих) местах остается краска. Эти места опиливают дополнительно до тех пор, пока не будет получена поверхность с равномерными пятнами краски по всей поверхности.

Параллельность двух плоскостей может быть проверена при помощи штангенциркуля (рис. 248).

Опиливание наружных плоских поверхностей обычно начинается с проверки припуска на обработку, который мог бы обеспечить изготовление детали в соответствии с чертежом.

При опиливании плоских поверхностей используют плоский напильник — драчевый и личный. Сначала опиливают одну широкую плоскость (она является базой, т. е. исходной плоскостью для дальнейшей обработки), затем вторую параллельно первой и т. д. Стремятся к тому, чтобы опиливаемая плоскость всегда находилась в горизонтальном положении. Опиливание ведут перекрестными штрихами. Параллельность сторон проверяют штангенциркулем.

Качество опиливания поверхности проверяют поверочной линейкой в различных положениях (вдоль, поперек, по диагонали).

Ниже приведена последовательность опиливания поверхностей стальной плитки (рис. 249) с точностью 0,5 *мм*.

Сначала опиливают широкие поверхности плитки, для чего необходимо:

зажать плитку в тисках поверхностью *А* вверх и так, чтобы обрабатываемая поверхность выступала над губками тисков не более чем на 4—6 *мм*;

опилить поверхность *А* плоским драчевым напильником;

опилить поверхность *А* плоским личным напильником и проверить прямолинейность поверхности поверочной линейкой;

установить плитку в тисках и зажать поверхностью *Б* вверх;

опилить поверхность *Б* плоским драчевым напильником;

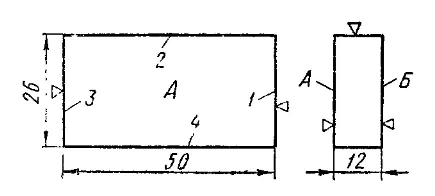


Рис. 249. Поверхности стальной плитки, подвергаемой опиливанию

опилить поверхность *Б* плоским личным напильником и проверить прямолинейность поверхности линейкой, а параллельность поверхности *А* и *Б* — штангенциркулем.

Закончив обработку широких поверхностей, переходят к опиливанию узких поверхностей плитки, для чего необходимо:

надеть на губки тисков нагубники и зажать в тисках плитку поверхностью *2* вверх;

опилить поверхность *2* плоским драчевым напильником;

опилить поверхность *2* плоским личным напильником, проверить прямолинейность поверхности линейкой, а перпендикулярность опиленной поверхности к поверхности *А* угольником;

зажать в тисках плитку поверхностью *4* вверх;

опилить поверхность *4* плоским драчевым и затем личным напильником, проверить прямолинейность обрабатываемой поверхности поверочной линейкой, перпендикулярность к поверхности *А* угольником и параллельность поверхности *2* штангенциркулем;

зажать в тисках плитку поверхностью *1* вверх;

опилить поверхность *1* плоским драчевым напильником по угольнику;

опилить поверхность *1* плоским личным напильником и проверить ее перпендикулярность к поверхности *А* и поверхности *2* по угольнику;

зажать в тисках плитку поверхностью *3* вверх;

опилить поверхность *3* плоским драчевым напильником и проверить угольником ее перпендикулярность сначала к поверхности *А*, а затем к поверхности *2*;

опилить поверхность *3* плоским личным напильником и проверить угольником ее перпендикулярность к другим поверхностям;

снять заусенцы со всех ребер плитки;

окончательно проверить все размеры и качество обработки плитки по линейке, угольнику, штангенциркулем.

Опиливание поверхностей угольника, расположенных под прямым углом, связано с пригонкой внутреннего угла и сопряжено с некоторыми трудностями. Выбрав одну из поверхностей в качестве базовой (обычно принимают большую), опиливают ее начисто, а затем обрабатывают вторую поверхность под прямым углом к базовой.

Правильность опиливания второй поверхности проверяют поверочным угольником, одну полку которого прикладывают к базовой поверхности (рис. 250, *в*, *г*).

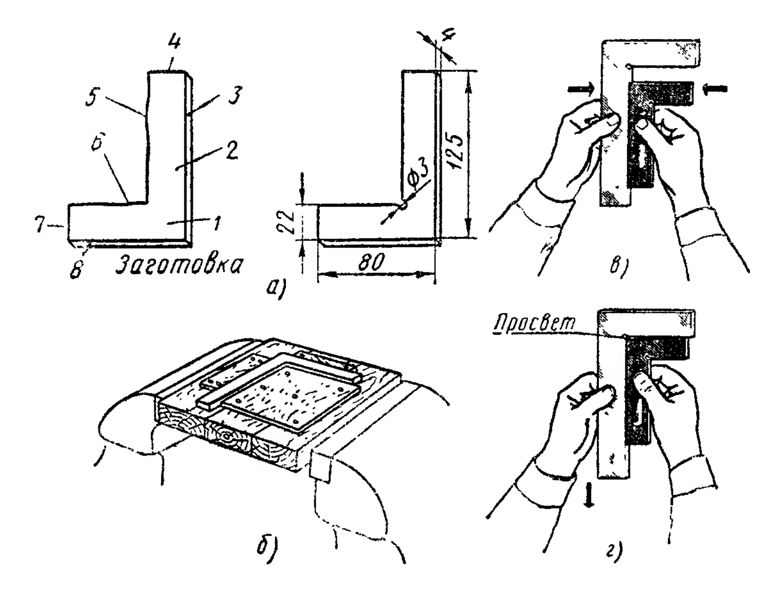


Рис. 250. Опиливание угольника:
а — заготовка, *б* — крепление заготовки угольника, *в*, *г* — проверка качества опиливания

Опиливание поверхностей по внутреннему прямому углу ведут так, чтобы ко второй поверхности было обращено ребро напильника, на котором нет насечки.

Ниже приведена обработка плоскостей, сопряженных под углом 90°, — последовательность изготовления угольника 90° (рис. 250, *а*); для этого необходимо:

закрепить заготовку угольника в тисках в деревянном бруске (рис. 250, *б*);

опилить последовательно широкие плоскости *1* и *2* сначала плоским драчевым, а затем плоским личным напильником;

проверить качество опиливания поверочной линейкой, параллельность поверхностей — кронциркулем, а толщину — штангенциркулем;

заменить деревянный брусок нагубниками, зажать угольник опиленными поверхностями и опилить последовательно ребра уголь-

ника под углом 90°. Для обеспечения точности обработки сначала следует обработать наружное ребро *3* до получения прямого угла между этим ребром и широкими поверхностями *1* и *2* угольника. Затем в такой же последовательности обработать ребро *8*, проверяя его угольником относительно ребра *3*;

в вершине внутреннего угла просверлить отверстие диаметром 3 *мм*, а затем ножовкой сделать прорезь к нему шириной 1 *мм* для выхода инструмента и закалки;

опилить последовательно внутренние ребра *5* и *6* под углом 90°, выдерживая при этом параллельность ребра *5* с ребром *3* и ребра *6* с ребром *8*, добиваясь, чтобы внутренний угол между ребрами *5* и *6* и наружный между ребрами *3* и *8* были прямыми;

опилить последовательно торцы *4* и *7*, выдерживая размеры по чертежу (125 и 80 *мм*);

снять заусенцы с ребер;

отшлифовать наждачной бумагой все ребра и поверхности угольника; на отшлифованных поверхностях и ребрах не должно быть царапин и рисок.

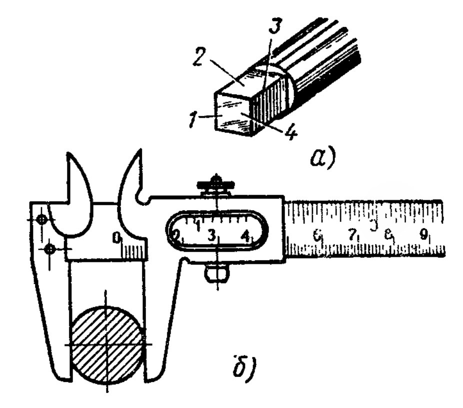


Рис. 251. Опиливание квадрата:
а — подвергаемые опиливанию грани, *б* — проверка штангенциркулем

Приведенный порядок обработки угольника обеспечивает плоскостность каждой поверхности и перпендикулярность ребер между собой и по отношению к поверхностям (рис. 250, *в, г*).

Опиливание квадрата на конце стержня начинают с опиливания грани *1* (рис. 251, *а*), размер проверяют штангенциркулем (рис. 251, *б*). Затем параллельно ей опиливают

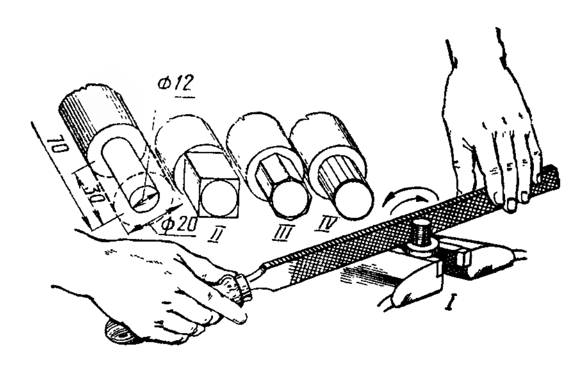


Рис. 252. Опиливание цилиндрических деталей:
I — цилиндр, *II* — квадрат, *III* — восьмигранник, *IV* — многогранник

грань *3*. Грань *2* опиливают под углом 90° к граням *1* и *3*. Грань *4* опиливают в размер к грани *2*.

Опиливание цилиндрических заготовок. Цилиндрический стержень *I* (рис. 252) сначала опиливают на квадрат *II* (в размер его сторон должен входить припуск на последующую обработку). Затем у квадрата опиливают углы и получают восьмигранник *III*, из которого опиливанием получают шестнадцатигранник *IV*; в процессе дальнейшей обработки получают цилиндрический стержень требуемого диаметра. Слой металла до получения четырех и восьми граней снимают драчевым напильником, а восьмигранник и шестиадцатигранник опиливают личным напильником. Проверку опиливания производят штангенциркулем в нескольких местах.

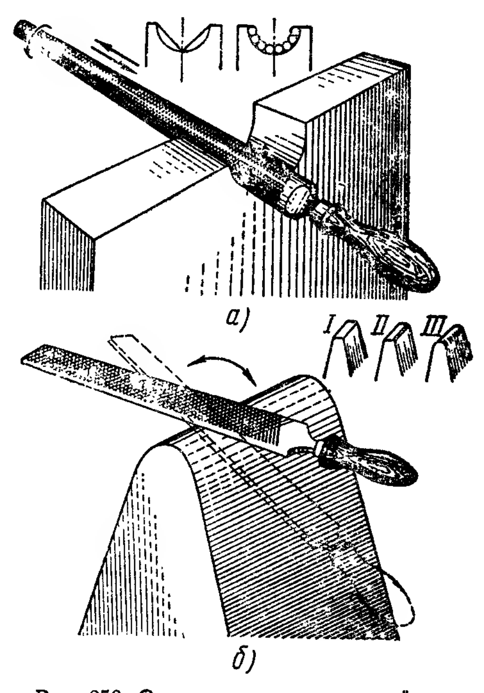


Рис. 253. Опиливание поверхностей:
а — вогнутых, *б* — выпуклых

Опиливание вогнутых и выпуклых криволинейных поверхностей. Многие детали машин имеют выпуклую и вогнутую форму. При опиливании и распиливании криволинейных поверхностей выбирают наиболее рациональный способ удаления лишнего металла.

В одном случае требуется предварительное выпиливание ножовкой, в другом — высверливание, в третьем — вырубка и т. д. Слишком большой припуск на опиливание ведет к большому расходу времени на выполнение задания, а оставление слишком малого припуска часто ведет к браку детали.

Опиливание вогнутых поверхностей. Сначала на заготовке размечают необходимый контур детали. Большую часть металла в данном случае можно удалить выпиливанием ножовкой, придав впадине в заготовке форму треугольника (рис. 253, *а*, вверху слева), или высверливанием (вверху справа). Затем напильником опиливают грани и спиливают выступы полукруглым или круглым драчевым напильником до нанесенной риски. Профиль сечения круглого или полукруглого напильника выбирают таким, чтобы его радиус был меньше, чем радиус опиливаемой поверхности.

Не доходя примерно 0,3—0,5 *мм* до риски, драчевый напильник

заменяют личным. Правильность формы распиливания проверяют по шаблону на просвет, а перпендикулярность опиленной поверхности торцу заготовки — угольником.

Опиливание выпуклых поверхностей (опиливание носка слесарного молотка) показано на рис. 253, *б*. После разметки ножовкой срезают углы заготовки, и она принимает пирамидообразную форму (*I*). Затем при помощи драчевого напильника снимают слой металла, не доходя до риски на 0,8—1,0 *мм* (*II*), после чего личным напильником окончательно осторожно снимают оставшийся слой металла по риске (*III*).

Изготовление шпонок. Сегментную шпонку (рис. 254, *а*, *б*, *в*) изготовляют, выполняя следующие операции:

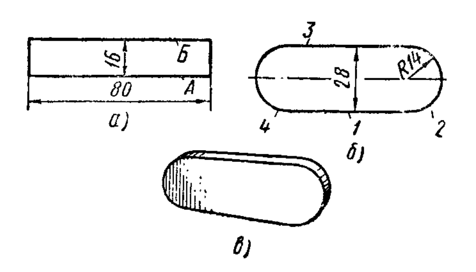


Рис. 254. Изготовление шпонки:
а — заготовка, *б* — разметка, *в* — готовая шпонка

отмеряют на стальной полосе и отрезают ножовкой нужную длину заготовки для шпонки согласно чертежу;

опиливают начисто плоскость *А*, затем размечают и опиливают поверхности *1* и *2*, проверку на перпендикулярность выполняют по угольнику;

размечают поверхности *3* и *4* согласно чертежу (длину, ширину, радиусы закругления);

опиливают поверхности *3* и *4*, проверяя размер штангенциркулем, а перпендикулярность поверхностей — угольником;

подгоняют опиливанием шпонку к соответствующему пазу; шпонка должна входить в паз без нажима, легко и садиться плотно без качки;

опиливают поверхность *Б* по высоте, выдерживая заданный размер 16 *мм*.

Опиливание тонких пластинок обычными приемами нецелесообразно, так как при рабочем ходе напильника пластинка изгибается и возникают «завалы». Не рекомендуется для опиливания тонких пластинок зажимать их между двумя деревянными брусками (планками), так как при этом насечка напильника быстро забивается древесной и металлической стружкой и его приходится часто чистить.

В целях повышения производительности труда при опиливании тонких пластинок целесообразно склепывать 3—10 таких пластинок в пакеты. Приемы опиливания ребер в пакете те же, что и при опиливании плитки с широкими ребрами.

Можно обойтись без склепывания тонких деталей, а использовать приспособления, называемые наметками. К таким приспособлениям относятся раздвижные рамки, плоскопараллельные наметки, копирные приспособления (кондукторы) и др.

Опиливание в рамках. Простейшее приспособление пред-

ставляет металлическую рамку *1* (рис. 255), лицевая сторона которой тщательно обработана и закалена до высокой твердости. Обрабатываемая пластинка *2* закладывается по риске в рамку и зажимается болтами *3*. Затем рамку зажимают в тисках и обработку ведут до тех пор, пока напильник не коснется верхней плоскости рамки. Поскольку эта плоскость рамки обработана с большой точностью, то и опиливаемая плоскость не требует дополнительной проверки при помощи линейки.

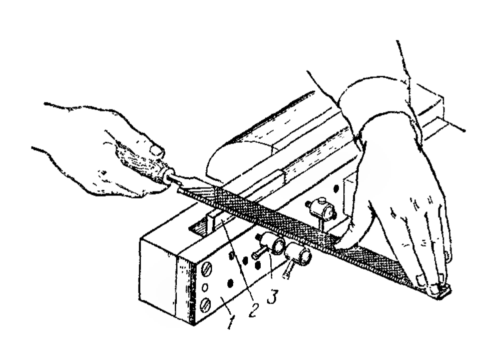


Рис. 255. Опиливание в рамках:
1 — рамка, *2* — опиливаемая пластинка, *3* — зажимные болты

Универсальная наметка (параллели) состоит из двух брусков *1* (рис. 256) прямоугольного сечения, скрепленных между собой двумя направляющими планками *2*. Один из брусков жестко соединен с направляющими планками, а другой может передвигаться вдоль этих планок параллельно неподвижному бруску.

Сначала в слесарных тисках устанавливают раздвижную рамку, а затем заготовку *3*. После совмещения разметочной линии с верхней плоскостью рамки заготовку вместе с планками зажимают в тисках и производят опиливание.

Обработка в плоскопараллельных наметках. Наиболее распространенными являются плоскопараллельные наметки (рис. 257), которые имеют точно обработанные плоскости и выступы *1*, дающие возможность обрабатывать плоскости, расположенные под прямым углом, без контроля угольником во время опиливания. На опорной плоскости *2* наметки имеется несколько резьбовых отверстий. С помощью винтов к этой плоскости можно прикрепить направляющие линейки или угольник, которые дают возможность опиливать детали с заданным углом.

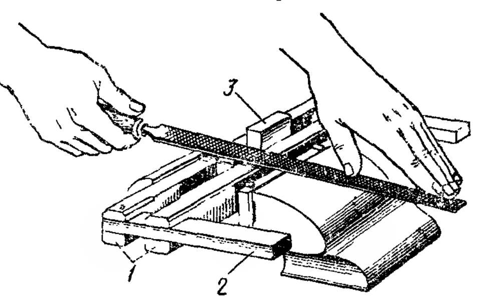


Рис. 256. Опиливание в универсальной наметке:
1 — бруски, *2* — направляющие планки, *3* — заготовка

Обрабатываемую пластинку *4* закладывают между подвижной губкой тисков и плоскостью наметки, упирая ее базовую кромку в выступ *1*. Легкими ударами молотка по пластинке наметку устанавливают в тисках так, чтобы она легла буртиком *3* на не-

подвижную губку тисков, подводят ее к риске до совпадения с верхней поверхностью наметки, после чего окончательно зажимают наметку с пластинкой в тисках и производят опиливание. При помощи наметки можно опиливать профильные пластины с выпуклыми и вогнутыми участками.

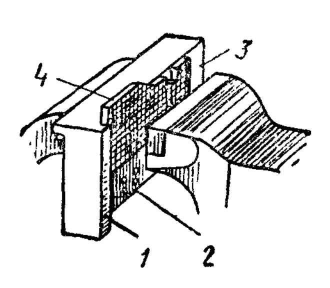


Рис. 257. Опиливание в плоскопараллельных наметках: 1 — выступы, 2 — плоскости, 3 — буртики, 4 — обрабатываемая пластинка

Опиливание по копиру (кондуктору). Наиболее производительным является опиливание заготовок, имеющих криволинейный профиль, по копиру (кондуктору). Копир (кондуктор) представляет собой приспособление, рабочие поверхности которого обработаны соответственно контуру обрабатываемой детали с точностью от 0,05 до 0,1 *мм*, закалены и отшлифованы.

Подлежащую опиливанию заготовку 2 вставляют в копир 1 и вместе с ним зажимают в тисках (рис. 258). После этого опиливают выступающую часть заготовки до уровня рабочих поверхностей кондуктора. При изготовлении большого количества одинаковых деталей из тонкого листового материала в кондукторе можно закреплять одновременно несколько заготовок.

Отделка поверхностей. Выбор способа отделки и последовательность переходов зависят от обрабатываемого материала и требований к качеству поверхности, ее состояния, конструкции, размеров детали и припуска, который обычно составляет 0,05—0,3 *мм*.

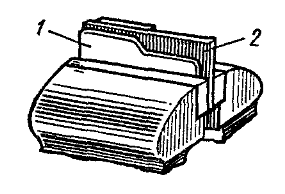


Рис. 258. Опиливание по копиру: 1 — копир, 2 — заготовка

Ручная зачистка шлифовальной шкуркой. В тех случаях, когда требуется высокая точность обработки, поверхности после опиливания подвергают окончательной отделке бархатными напильниками, полотняной или бумажной абразивной шкуркой и абразивными брусками.

При отделке поверхностей пользуются деревянными брусками с наклеенной на них абразивной шкуркой (рис. 259, *а*). В некоторых случаях полоску шкурки накладывают на плоский напильник, придерживая при работе концы рукой (рис. 259, *б*). Для отделки криволинейных поверхностей шкурку навертывают на оправку в несколько слоев (рис. 259, *в*). Зачистку ведут сначала грубыми шкурками, затем более тонкими. Ручная зачистка является малопроизводительной операцией.

Зачистка и полирование шлифовальными шкурками при помощи универсальных переносных машинок. Шлифовальную шкурку склеивают в виде колец и закрепляют на эластичном основании специальных разжимных головок, которые устанавливаются на рабочих концах шпинделей универсальных электрических и пневматических машинок.

Для закрепления шкурки в оправке из инструментальной стали прорезают шлиц в ее торцовой части, в который вводится конец полотна шкурки. Затем шкурку навертывают на оправку, после 1,5—2 оборотов конец шкурки косо завертывают и хвостовиком напильника прижимают к торцу оправки. Таким образом, шкурка надежно закреплена на оправке.

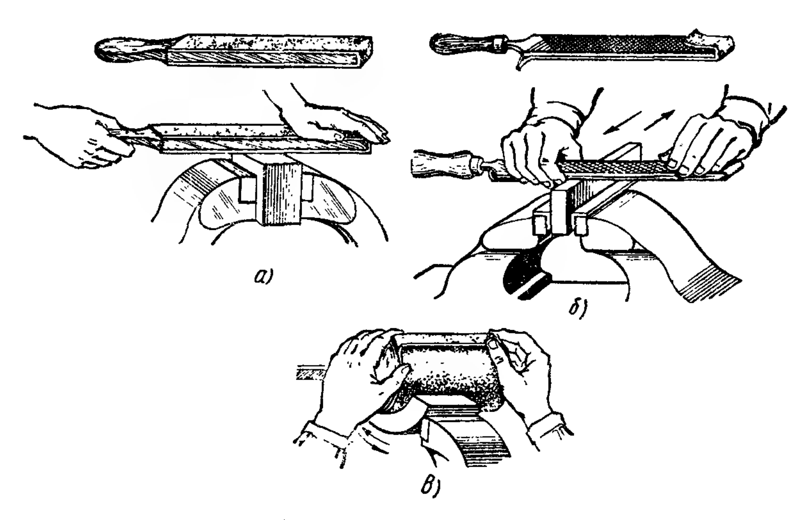


Рис. 259. Зачистка опиленной поверхности:
а — абразивной шкуркой, *б* — напильником со шкуркой, *в* — зачистка вогнутой поверхности

Отделочные операции производятся шлифовальными шкурками при помощи специальных ручных механизированных инструментов (дисковых шлифовальных машинок), ручными, механизированными инструментами с абразивными лентами или на специальных ленточно-шлифовальных станках.

§ 95. МЕХАНИЗАЦИЯ ОПИЛОВОЧНЫХ РАБОТ

Механизация слесарных работ является одним из основных путей повышения производительности труда и культуры производства. Механизация осуществляется в основном применением ручного электрического и пневматического инструмента, а также опиловочных машинок и станков.

Опиловочные станки. Применяются два типа опиловочных станков: с возвратно-поступательным движением и вращательным движением, чаще всего с гибким валом (станки типа ОЗС). На станках первого типа применяются напильники различного профиля с крупной и мелкой насечкой.

В опиловочных станках для обработки закаленных деталей (штампов и т. п.) применяют специальный алмазный инструмент.

Станки с гибким валом и вращающимися напильниками особенно удобны при изготовлении штампов, пресс-форм, металлических моделей и т. п.

Опиловочные станки бывают стационарные и переносные.

Стационарный опиловочный станок завода «Коммунар» (рис. 260, *а*) имеет станину *1*, на которой закреплена стойка *4* с нижним *3*, верхним *5* кронштейнами и штоком *6*. Ступенчатый шкив (закрыт кожухом) *2* позволяет регулировать

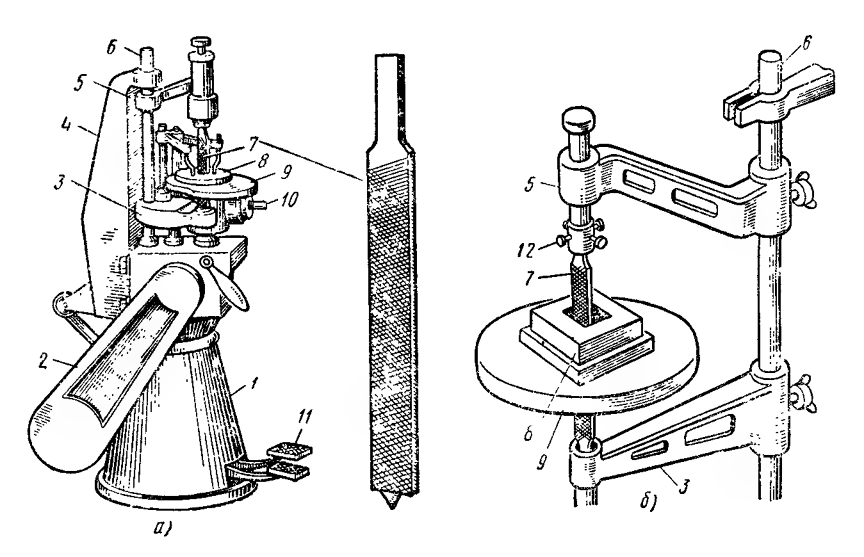


Рис. 260. Стационарный опиловочный станок завода «Коммунар»:
а — общий вид, *б* — схема работы; *1* — станина, *2* — шкивы, *3*, *5* — кронштейны, *4* — стойка, *6* — шток, *7* — напильник, *8* — обрабатываемая деталь, *9* — стол, *10*, *12* — винты, *11* — педаль

скорость движения напильника. Обрабатываемая деталь *8* закрепляется на поворотном столе *9*. Установка стола на нужный угол достигается при помощи винта *10*.

Хвостовик напильника *7* закрепляют в верхнем кронштейне *5*, после чего верхний кронштейн опускают, при этом нижний конец напильника должен войти в конусное углубление нижнего кронштейна *3*. Правильность установки напильника между верхним и нижним кронштейнами проверяют угольником. В вертикальное положение напильник устанавливают при помощи винтов, имеющихся в верхнем кронштейне. Пуск и останов станка осуществляются нажимом на педаль *11*.

При обработке деталей, не требующих высокой точности, эти станки обеспечивают повышение производительности труда в 4—5 раз по сравнению с ручной обработкой. На них можно обрабатывать детали различной формы (круглые, трехгранные, квадратные и т. п.) (рис. 260, *б*), а также поверхности, расположенные

под разными углами. Напильники к станку бывают различных сечений с конической заточкой на конце.

Стационарные опиловочные станки не позволяют производить обработку в труднодоступных местах. В этом случае применяют переносные электрические и пневматические машинки.

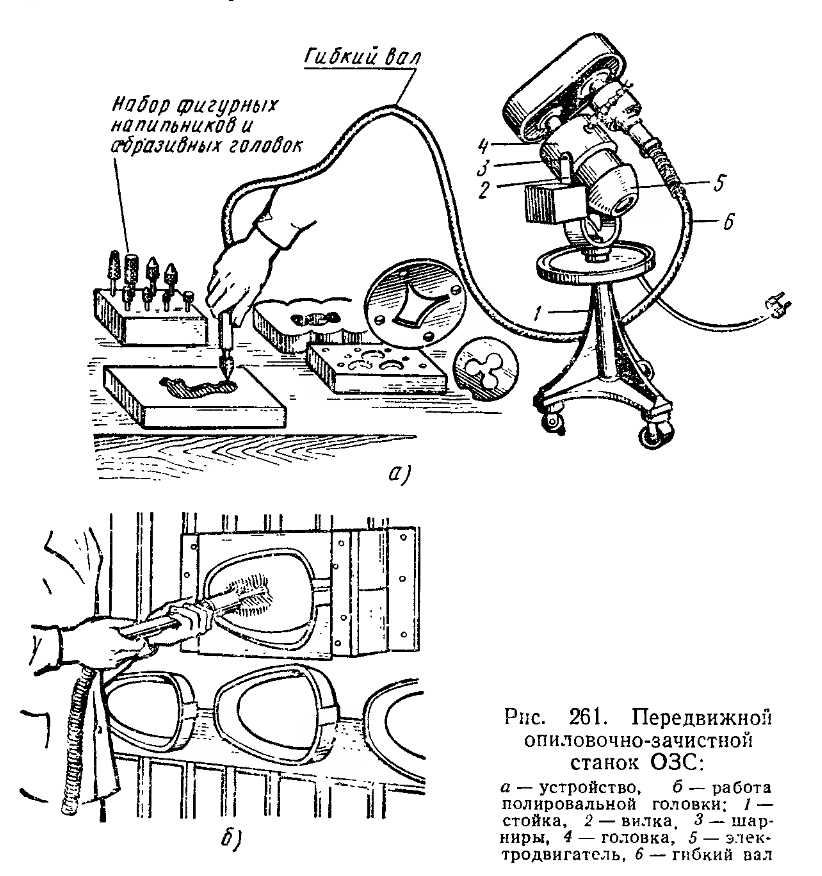


Рис. 261. Передвижной опиловочно-зачистной станок ОЗС:

а — устройство, *б* — работа полировальной головки; *1* — стойка, *2* — вилка, *3* — шарниры, *4* — головка, *5* — электродвигатель, *6* — гибкий вал

Передвижной опиловочно-зачистной станок ОЗС (рис. 261, *а*) имеет стойку *1* с вилкой *2*, в которой закреплен электродвигатель *5* с кнопочным пультом. Шарниры *3* позволяют электродвигатель с укрепленной на нем головкой *4* поворачивать в удобное для работы положение. Инструмент закрепляется в патроне, смонтированном на конце гибкого вала *6*, и получает вращательное движение.

Станок ОЗС имеет следующие приспособления: инструментодержатель № 1 со сменными цангами для крепления инструмента с хвостовиками диаметром 6, 8 и 10 *мм;* инструментодержатель № 2 для крепления инструмента с конусным хвостовиком № 0 и 1; угловую державку, предназначенную для шлифования и полирования (рис. 261, *б*) и снятия заусенцев; пистолет, превращающий

вращательное движение гибкого вала в поступательное движение; напильник и ножовочное полотно; абразивный брусок или шабер.

К станку ОЗС прилагаются круглые напильники, пальцевые фрезы, абразивные шлифовальные головки диаметром от 8 до 42 *мм*, войлочные, резиновые и другие полировальные головки диаметром от 6 до 35 *мм*, сверла, развертки, зенковки и т. п.

Станок ОЗС в нормальном исполнении имеет четыре скорости — от 760 до 3600 *об/мин*. Мощность электродвигателя 0,52 *квт*, число оборотов в минуту 1405.

Подобной конструкции станки могут быть также и подвесными (рис. 262), которые удобны для использования на рабочем месте слесаря.

Механизированные ручные опиловочные машинки с прямыми напильниками, имеющие пневматические и электрические приводы, пока не получили широкого применения.

Механизированные опиловочные машинки с вращающимися инструментами типа мелких фрез диаметром от 1,5 до 25 *мм* используются широко. Универсальная шлифовальная машинка С-475 с гибким валом и прямой шлифовальной головкой, работающая от асинхронного трехфазного электродвигателя *1* (рис. 263), имеет шпиндель, к которому крепится гибкий вал *2* с державкой *3* для закрепления рабочего инструмента.

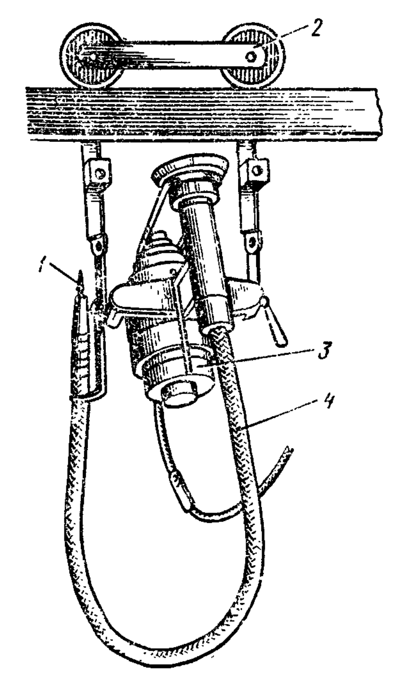


Рис. 262. Опиловочно-зачистная подвесная головка:
1 — инструмент, *2* — тележка, *3* — электродвигатель, *4* — гибкий вал

Число оборотов в минуту шпинделя 2750, диаметр рабочего круга 175—200 *мм*. Машинка имеет сменные прямые и угловые головки.

Сменные державки позволяют производить опиливание, шлифование в труднодоступных местах и под разными углами.

Механизированные напильники бывают электрические и пневматические.

Электрический напильник конструкции Д. И. Судаковича (рис. 264) предназначен для выполнения различных слесарных и сборочных работ. Длина хода напильника 12 *мм*, число двойных ходов в минуту 1500, мощность электродвигателя 120 *вт*, рабочее напряжение тока 127 и 220 *в*.

Напильник работает следующим образом. Нажимом на кнопку *7* включается электродвигатель *6*. Вращение ротора электродви-

гателя через зубчатую пару *5* передается коленчатому валу *4*, на кривошипную шейку которого насажен шатун *3*. При вращении вала шатун получает возвратно-поступательное движение, которое передается через шток напильнику *1*, закрепленному в патроне *2*.

Особенностью данного электронапильника является то, что его

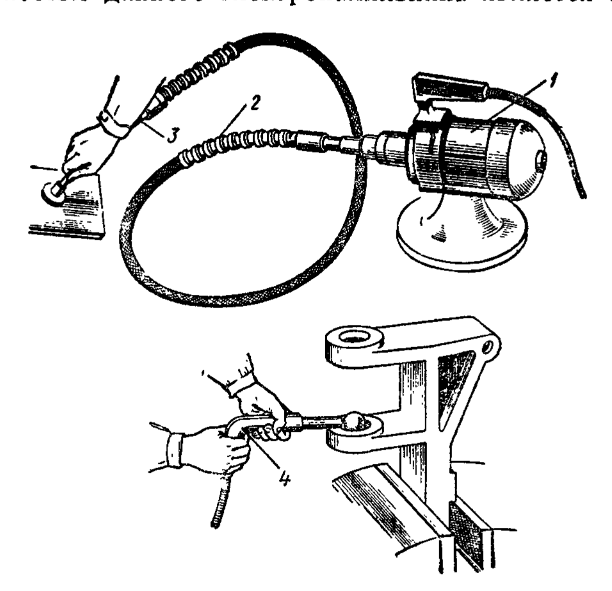


Рис. 263. Универсальная электрическая шлифовальная машинка С-475:

1 — электродвигатель, *2* — гибкий вал, *3* — державка с инструментом, *4* — угловая державка

приводной механизм выполнен с двумя шатунами, один из которых шарнирно соединен через шток с напильником, а другой — с балансиром, причем кривошип коленчатого вала привода расположен таким образом, что поступательному перемещению напильника в одном направлении соответствует перемещение балансира в обратном направлении. Благодаря такому устройству достигается взаимное гашение инерционных сил, вызываемых возвратно-поступательным движением напильника и балансира, и устранение вибрации инструмента при его работе.

Применение электронапильника повышает производительность труда примерно в пять раз по сравнению с работой, выполняемой обычным ручным напильником.

Пневматический напильник имеет двигатель ротационного типа, работающий от сжатого воздуха, подаваемого под давлением 5—6 *ат*. Пневматический напильник состоит из рабочего инструмента *1* (рис. 265), головки *2* для его закрепления, преобразователя движения *3*, редуктора *4* и двигателя *5*. Длина хода напильника 12 *мм*, число двойных ходов в минуту 1500. Применение

пневматического напильника повышает производительность опиливания в 2—3 раза.

Контурное травление деталей является одним из высокопроизводительных методов обработки, заменяющим слесарное опиливание. Контурное травление называют химическим фрезерованием.

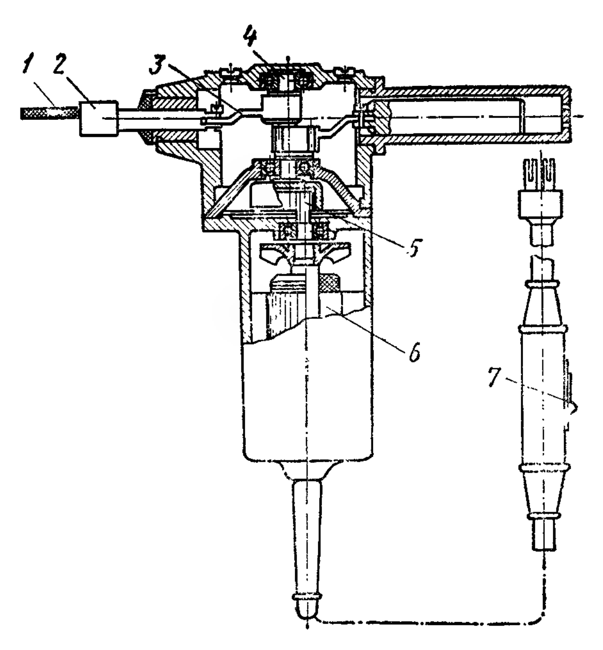


Рис. 264. Электрический напильник:

1 — напильник, 2 — патрон, 3 — шатун, 4 — коленчатый вал, 5 — зубчатая передача, 6 — электродвигатель, 7 — кнопка

Метод заключается в глубоком травлении на деталях (из алюминия, его сплавов, из стали и титана) тех участков, которые подлежат опиливанию. Остальные участки поверхности защищаются стойкими химическими покрытиями. Травление осуществляют в растворе, состоящем из 400—420 *г* каустической соды, растворенной в 1 *л* воды, нагретой до 75—80° С. Детали предварительно обезжиривают.

Химическое фрезерование применяется для обработки труднодоступных мест, узких щелей, фасонных вырезок, спиральных канавок и др. Точность обработки при химическом фрезеровании достигается ±0,05 *мм*, а высота гребешков (неровностей) — от 1,25 до 2,5 *мк*, что исключает дополнительную зачистку.

Виды и причины брака при опиливании. Наиболее частыми видами брака при опиливании являются:

неровности поверхностей (горбы) и завалы краев заготовки как результат неумения пользоваться напильником;

вмятины или повреждение поверхности заготовки в результате неправильного зажима ее в тисках;

неточность размеров опиленной заготовки вследствие неправильной разметки, снятия очень большого или малого слоя металла, а также неправильности измерения или неточности измерительного инструмента;

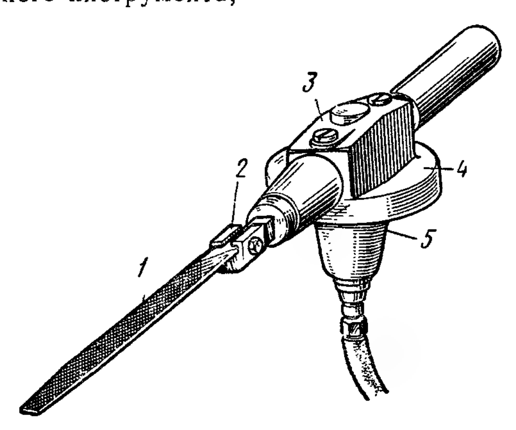


Рис. 265. Пневматический напильник:
1 — инструмент, *2* — головка, *3* — преобразователь движения, *4* — редуктор, *5* — двигатель

задиры, царапины на поверхности детали, возникающие в результате небрежной работы и неправильно выбранного напильника.

Техника безопасности при опиливании. При опиловочных работах необходимо выполнять следующие правила техники безопасности:

при опиливании заготовок с острыми кромками нельзя поджимать пальцы левой руки под напильник при обратном ходе;

образовавшуюся в процессе опиливания стружку необходимо сметать с верстака волосяной щеткой. Строго запрещается сбрасывать стружку обнаженными руками, сдувать ее или удалять сжатым воздухом;

при работе следует пользоваться только напильниками с прочно насаженными рукоятками; запрещается работать напильниками без рукояток или напильниками с треснувшими, расколотыми рукоятками.

Вопросы для самопроверки

1. Расскажите о видах и назначении напильников.
2. Расскажите о приемах опиливания криволинейных поверхностей.
3. В чем состоят особенности опиливания изделий под прямым углом?
4. Расскажите об особенностях обработки выпуклых и вогнутых поверхностей.
5. Назовите основные способы отделки поверхностей.
6. Как выполняют опиливание в наметках, кондукторах, рамках?

Глава XXIII

СВЕРЛЕНИЕ

§ 96. СУЩНОСТЬ И НАЗНАЧЕНИЕ СВЕРЛЕНИЯ. СВЕРЛА

Сверлением называется процесс образования отверстий в сплошном материале режущим инструментом — сверлом.

Сверление применяется:

для получения неответственных отверстий, невысокой степени точности и чистоты, например под крепежные болты, заклепки, шпильки и т. д.;

для получения отверстий под нарезание резьбы, развертывание и зенкерование.

Рассверливанием называется увеличение диаметра имеющегося отверстия.

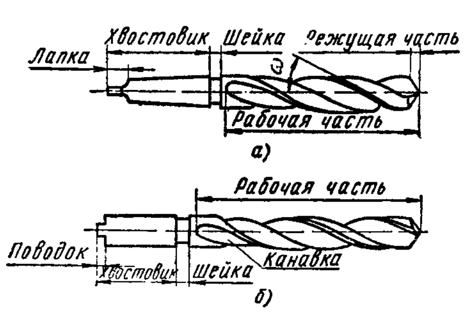


Рис. 266. Спиральные сверла:
а — с коническим хвостовиком, *б* — с цилиндрическим хвостовиком

Сверлением отверстий диаметром до 10 *мм* достигается 4-й класс точности и 1—3-й классы чистоты, а при больших диаметрах отверстия — 5-й класс точности. Для обеспечения более высокой точности и чистоты поверхности отверстие подвергается дополнительной обработке — зенкерованию и развертыванию.

Точность сверления в отдельных случаях может быть повышена благодаря тщательному регулированию станка, правильно заточенному сверлу или сверлением через специальное приспособление, называемое кондуктором.

По конструкции и назначению различают сверла: спиральные и специальные (перовые или плоские, для кольцевого сверления, ружейные, комбинированные с другими инструментами, центровочные и др.).

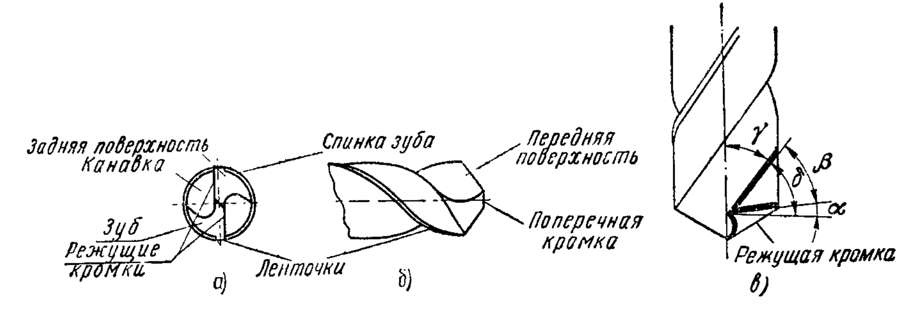


Рис. 267. Элементы сверла (*а*, *б*), углы сверла (*в*)

Наибольшее распространение в промышленности получили спиральные сверла — двухзубый режущий инструмент.

Спиральное сверло (рис. 266, *а*, *б*) состоит из рабочей части, представляющей собой цилиндр с двумя спиральными (вернее, винтовыми) канавками, и хвостовика с лапкой, между которыми расположена шейка.

Рабочая часть сверла делится на режущую и направляющую части.

Режущая часть сверла представляет конус, на котором имеются два зуба с режущими кромками, поперечная кромка и задняя поверхность (рис. 267, *а, б*). Режущие кромки соединяются между собой сердцевиной сверла (сердцевина — тело рабочей части между канавками), придающей жесткость, перемычкой, которая составляет с режущими кромками угол. Основной угол $2\varphi = 116$—$118°$ (для сталей и чугунов) (рис. 267, *б*). Этот угол при заточке обеспечивает прямолинейность режущих кромок.

Угол между режущими кромками — угол при вершине сверла. 2φ — оказывает существенное влияние на процесс резания. При его увеличении повышается прочность сверла, но одновременно резко возрастает усилие подачи. С уменьшением угла при вершине резание облегчается, но ослабляется режущая часть сверла.

Зуб сверла имеет форму клина (рис. 267, *в*) с соответствующими углами.

Передний угол γ сверла в каждой точке режущей кромки является величиной переменной и по мере приближения к центру сверла уменьшается и в самом центре равен нулю (например, если у наружного диаметра передний угол $\gamma = 25 \div 30°$, то у перемычки он близок к $0°$). Непостоянство величины переднего угла относится к недостаткам спирального сверла и является одной из причин неравномерного и быстрого его износа.

Задний угол α сверла предназначается для уменьшения трения задней поверхности о поверхность обрабатываемого отверстия. Величина заднего угла α также изменяется по направлению от периферии к центру сверла. Если в точке, взятой на наружной поверхности сверла, $\alpha = 8 \div 12°$, то у перемычки они $20 \div 26°$ (для сверл средних диаметров).

Угол заострения β заключен между передним и задним углами. Величину этого угла выбирают в зависимости от твердости обрабатываемого металла.

Угол резания δ равен сумме углов заострения и заднего $\delta = \beta + \alpha$.

Направляющая часть сверла служит для направления его в отверстии и дает возможность перетачивать сверла. С целью уменьшения трения инструмента о стенки отверстия перо сверла поднутряется и оставляются две узкие ленточки — узкие полоски на поверхности цилиндрической части сверла, расположенные вдоль винтовых канавок. Сверла диаметром 0,25—0,5 *мм* выполняются без ленточек. Для уменьшения трения сверлу дается также обратная конусность: его диаметр уменьшается по направлению к хвостовику на 0,03—0,12 *мм* на каждые 100 *мм* длины. Это вызывает некоторое уменьшение диаметра сверла при переточках, но существенного влияния на точность сверления не оказывает.

Канавки на сверлах имеют специальный профиль, обеспечивающий правильное образование режущих кромок сверла и необходимое пространство для выхода стружки. Ширина и угол наклона

ω винтовой канавки должны соответствовать толщине и форме стружки. Узкие винтовые канавки, которые образуются при больших передних углах и малых углах заострения, отводят стружку лучше, чем более широкие канавки, образующиеся при малом переднем угле и большом угле заострения.

Хвостовик у сверла небольшого диаметра (до 10 *мм*) имеет обычно цилиндрическую форму (рис. 266, *б*), сверло с таким хвостовиком крепится в патроне. Сверла большого диаметра (свыше 10 *мм*) имеют конический хвостовик. На конце конического хвостовика имеется лапка (см. рис. 266, *а*), не позволяющая сверлу провертываться в шпинделе и служащая упором при выбивании сверла из гнезда. У сверл с цилиндрическим хвостовиком имеется поводок (рис. 266, *б*), предназначенный для дополнительной передачи крутящего момента сверлу от шпинделя.

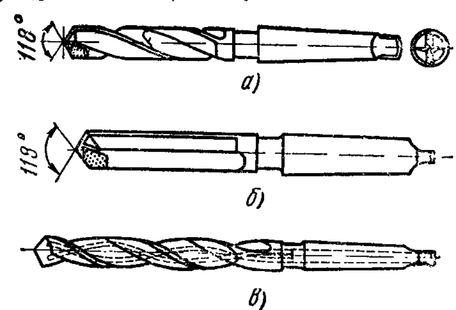


Рис. 268. Сверла, оснащенные пластинками из твердого сплава с винтовыми (а), прямыми (б) канавками, каналами для охлаждающей жидкости (в)

Шейка сверла, соединяющая рабочую часть с хвостовиком, служит для выхода абразивного круга в процессе шлифования, на ней обозначена марка сверла.

Спиральные сверла изготовляются из стали Р9, Р18, 9ХС.

Сверла, оснащенные пластинками из твердых сплавов (рис. 268, *а*, *б*) (ГОСТ 5756—64), находят широкое применение при сверлении и рассверливании чугуна, закаленной стали, пластмасс, стекла, мрамора и других твердых материалов.

По сравнению со сверлами, изготовленными из инструментальных углеродистых сталей, они имеют значительно меньшую длину рабочей части, больший диаметр сердцевины и меньший угол наклона винтовой канавки. Эти сверла обладают высокой стойкостью и обеспечивают высокую производительность труда.

Существует несколько типов сверл диаметром от 5 до 30 *мм*, оснащенных твердыми сплавами типа ВК, а корпуса сверл изготавливаются из стали марок Р9, 9ХС и 40Х.

Сверла с винтовыми канавками обеспечивают значительно лучший выход стружки из отверстий, особенно при сверлении вязких металлов. Это достигается благодаря тому, что на длине 1,5—2 диаметра сверла винтовая канавка прямая, а далее к хвостовой части сверла винтовая.

Сверла с прямыми канавками применяют при сверлении отверстий в хрупких металлах. Они проще в изготовлении, но для сверления глубоких отверстий эти сверла применять нельзя, так как затрудняется выход стружки из отверстия.

Сверла с косыми канавками применяют для сверления неглубоких отверстий, так как длина канавок для выхода стружки у них очень мала. Длина рабочей части таких сверл составляет примерно 1,5 диаметра.

Сверла со сквозными каналами для подвода охлаждающей жидкости к режущим кромкам сверла (рис. 268, *в*) предназначаются для сверления глубоких отверстий в неблагоприятных условиях. Эти сверла имеют повышенную стойкость, так как охлаждающая жидкость, подаваемая под давлением 10—20 *ат* в пространство между наружной поверхностью сверла и стенками отверстия, обеспечивает охлаждение режущих кромок и облегчает удаление стружки.

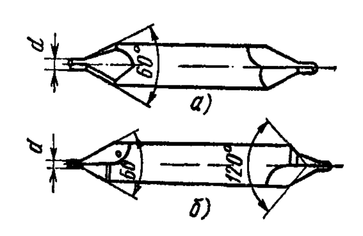


Рис. 269. Центровочные сверла:
а — без предохранительного конуса, *б* — с предохранительным конусом

Сверло крепится в специальном патроне, обеспечивающем подвод охлаждающей жидкости к отверстию в хвостовой части сверла. Эти сверла особенно эффективны при работе с жаропрочными материалами.

При сверлении отверстий сверлами со сквозными каналами режимы резания повышаются в 2—3 раза, а стойкость инструмента — в 5—6 раз. Сверление таким способом осуществляют на специальных станках в особых патронах.

Твердосплавные монолитные сверла (ГОСТ 17273—71) предназначены для обработки жаропрочных сталей. Эти типы сверл могут быть применены для работы на сверлильных машинах (материалом служит твердый сплав ВК15М) и для работы на станках (твердый сплав ВК10М).

Корпуса твердосплавных сверл изготовляются из стали Р9, 9ХС, 40Х, 45Х. В сверлах прорезается паз под пластинку из твердого сплава, которую закрепляют медным или латунным припоем.

Комбинированные сверла, например сверло-зенковка, сверло-развертка, сверло-метчик, применяются для одновременного сверления и зенкования, сверления и развертывания или сверления и нарезания резьбы.

Центровочные сверла (ГОСТ 14952—69) (рис. 269) служат для получения центровых отверстий в различных заготовках. Они изготовляются без предохранительного конуса (рис. 269, *а*) и с предохранительным конусом (рис. 269, *б*).

Перовые сверла (рис. 270, *а*) наиболее просты в изготовлении, применяются для сверления неответственных отверстий диаметром до 25 *мм*. Эти сверла изготовляются из инструментальной углеродистой стали У10, У12, У10А и У12А, а чаще всего из быстрорежущей стали Р9 и Р18.

Перовые сверла подразделяются на двусторонние (рис. 270, *а*) и односторонние (рис. 270, *б*), наиболее распространенными явля-

ются двусторонние. Угол резания одностороннего перового сверла принимается для стали в пределах 75—90°, а для цветных металлов 45—60°. Угол резания двустороннего перового сверла принимается 120—135°.

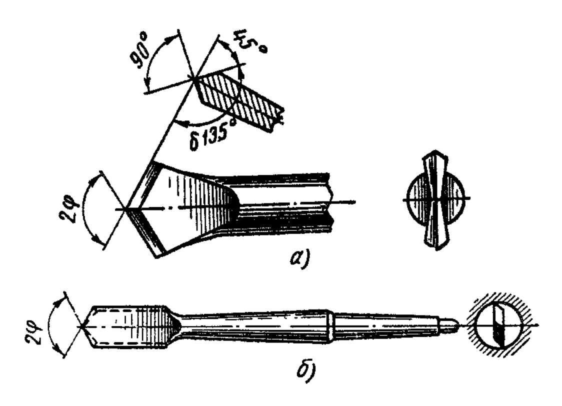


Рис. 270. Перовые сверла:
а — двустороннее, *б* — одностороннее

Перовые сверла не допускают высоких скоростей резания и непригодны для сверления больших отверстий, так как стружка из отверстия не отводится, а вращается вместе со сверлом и царапает поверхность отверстия. Кроме того, в процессе работы сверло быстро тупится, изнашивается, теряет режущие качества и уходит в сторону.

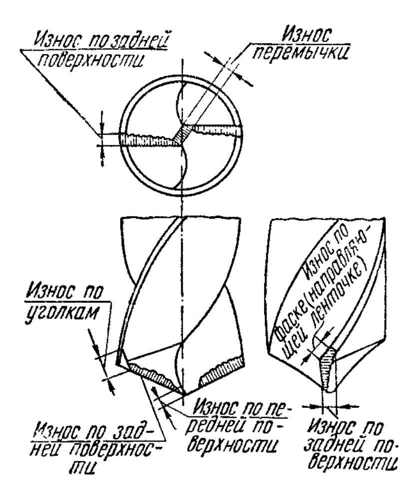


Рис. 271. Виды износа сверл

§ 97. ЗАТАЧИВАНИЕ СПИРАЛЬНЫХ СВЕРЛ

Для образования режущей части сверло затачивают. Заточку осуществляют централизованно на специальных станках, при отсутствии станков — вручную на обычном заточном станке.

Угол заточки существенно влияет на режим резания, стойкость сверла и, следовательно, на производительность.

Износ сверла в первой стадии может быть обнаружен по резко скрипящему звуку. Опытный рабочий безошибочно по звуку устанавливает момент, когда сверло начинает затупляться. При рабо-

те изношенным сверлом температура резания резко возрастает и сверло быстро изнашивается. Виды износа сверл приведены на рис. 271.

Угол заточки (град.) при вершине сверла выбирается в зависимости от твердости обрабатываемого материала:

Сталь и чугун средней твердости	116—118
Стальные поковки и закаленная сталь	125
Латунь и бронза	130—140
Медь красная	125
Алюминий, баббит, электрон	130—140
Силумин	90—100
Магниевые сплавы	110—120
Эбонит, целлулоид	85—90
Мрамор и другие хрупкие материалы	80
Пластмассы	50—60

Заточку выполняют в предохранительных очках (при отсутствии экрана). Затачивая сверло вручную, левой рукой, опираясь на подручник, удерживают сверло за рабочую часть возможно ближе к режущей части (конусу), а правой обхватывают хвостовик (рис. 272), прижимая режущую кромку к поверхности абразивного круга так, чтобы она приняла горизонтальное положение, прилегая задней поверхностью к кругу. Заточку ведут с охлаждением водно-содовым раствором.

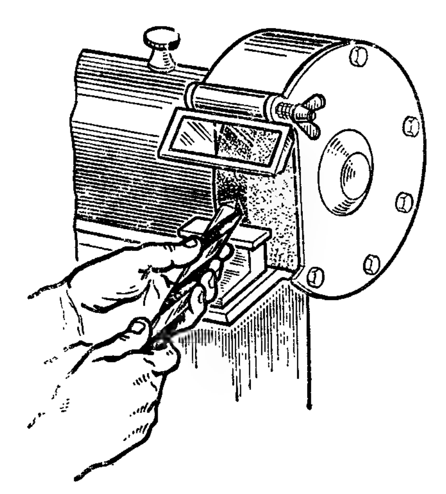


Рис. 272. Заточка сверла

Плавным движением правой руки, не отнимая сверла от круга, поворачивают сверло вокруг своей оси и, соблюдая правильный наклон, затачивают заднюю поверхность. При этом следят за тем, чтобы режущие кромки были прямолинейны, имели одинаковую длину и были заточены под одинаковыми углами.

Сверла с режущими кромками разной длины или с разными углами их наклона будут сверлить отверстия больше своего диаметра.

По мере стачивания сверла образуется поперечная кромка (перемычка), которую укорачивают подточкой (рис. 273). Подточку применяют для сверл диаметром более 12 *мм*. Длина поперечной кромки зависит от диаметра сверла и составляет для сверл диаметром более 12 *мм* 0,15 диаметра.

Качество заточки сверла проверяют специальным комбинированным шаблоном с тремя вырезами (рис. 274, *а*). Одним из

вырезов проверяют угол при вершине сверла и длину режущей кромки (рис. 274, *б*), вторым — угол наклона винтовой канавки на наружном диаметре сверла (рис. 274, *в*), а третьим — угол между поперечной и режущей кромками (рис. 274, *г*).

Наиболее совершенной конструкцией для измерения углов заточки режущих инструментов является прибор, состоящий из двух полудисков, вращающихся на оси. Диск *2* имеет шкалы (рис. 275) для отсчета угла при вершине 2φ и угла перемычки (обычно 55°). Прибор имеет также диск *1* со шкалой *3*. Преимущество прибора — его универсальность, допускающая измерение углов заточки и элементов различных режущих инструментов — сверл, зубил и др. Применение его исключает необходимость изготовления большого количества специальных шаблонов, ускоряет процесс проверки и т. д.

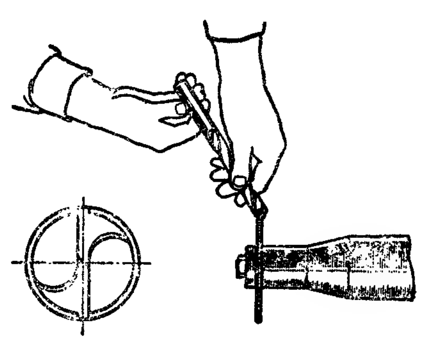


Рис. 273. Подточка перемычки сверла

Сверло конструкции В. И. Жирова изготовляется с тройной заточкой. Заборная часть сверла имеет три пары режущих кромок

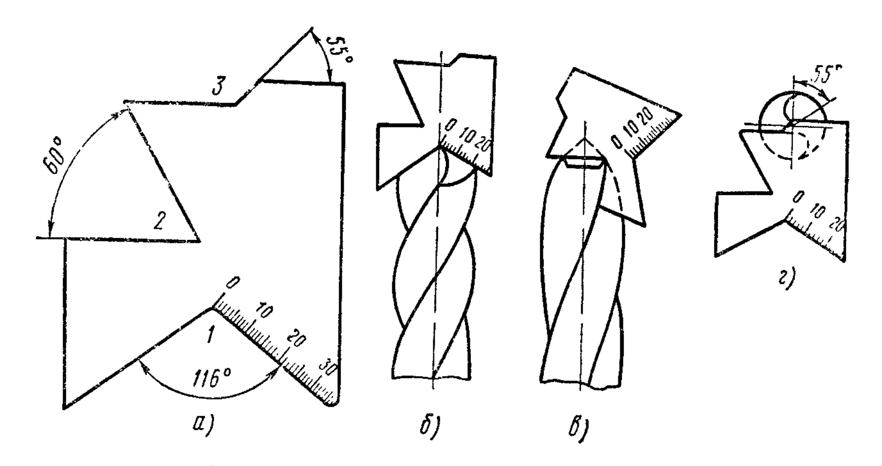


Рис. 274. Проверка качества заточки сверл:

а — шаблон с тремя вырезами; проверки: *б* — угла при вершине, *в* — угла наклона винтовой канавки, *г* — угла наклона поперечной кромки

(рис. 276, *а*), вначале коротких, образующих угол 55°, затем более длинных с углом 70° и, наконец, самых длинных с углом при вершине 118°. Перемычка перерезается канавкой на глубину 0,15 *D*, в результате чего облегчается врезание сверла в обрабатываемый металл. При такой заточке усилие подачи уменьшается

в два раза, а производительность сверления отверстий увеличивается в 2—2,5 раза.

Заточка по методу В. Я. Костыря характеризуется особой формой перемычки в наиболее простом сечении двух перьев (рис. 276, *б*). При сверлении отверстий в вязкой стали угол заточки равен 130°, а серого чугуна — 118—120°.

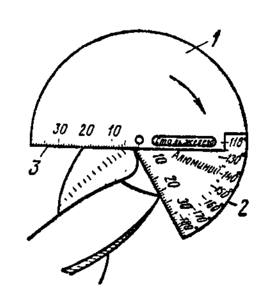


Рис. 275. Проверка угла заточки прибором

Ступенчатая заточка по методу В. Я. Карасева (рис. 276, *в*) обеспечивает повышенную точность обработки и чистоту поверхности, а также позволяет работать на высоких скоростях резания при больших подачах.

Сверло конструкции А. П. Медикова (рис. 276, *г*) со стружколомной канавкой на передней грани применяют при сверлении вязких металлов (латунь, мягкая сталь), оно позволяет увеличить величину подачи в 2,5—3 раза.

Рис. 276. Заточка сверл по методам:
а — В. И. Жирова, *б* — В. Я. Костыря, *в* — В. Я. Карасева, *г* — А. П. Меднкова; *д* — сверло со стружколомными канавками

Стружколомные канавки (рис. 276, *д*) применяют для облегчения работы сверла диаметром от 20 *мм* и более. На главных режущих кромках делаются канавки, расположенные в шахматном порядке так, что выступ одной режущей кромки снимает материал, оставляемый впадиной, расположенной на другой режущей кромке. Канавки бывают прямоугольные, угольные или полукруглые; начинаясь у режущей кромки, они идут по задней поверхности переднего конуса сверла, способствуют размельчению стружки, облегчая тем самым ее отвод.

§ 98. РУЧНОЕ И МЕХАНИЗИРОВАННОЕ СВЕРЛЕНИЕ

Сверление производится в основном на сверлильных станках. В тех случаях, когда деталь невозможно установить на станок или когда отверстия расположены в труднодоступных местах, сверление ведут при помощи коловоротов, трещоток, ручных сверлильных машинок, электрических и пневматических ручных сверлильных машинок.

Трещотка применяется для сверления вручную отверстий больших диаметров до 30 *мм*, а также при обработке деталей в неудобных местах, когда нельзя применять сверлильный станок, электрическую или пневматическую сверлильную машинку.

Трещотка имеет шпиндель *2* (рис. 277), который входит в вилку *6* рукоятки *7*. На одном конце шпинделя имеется отверстие для закрепления сверла *1*, на другом нарезана прямоугольная резьба, на которую навертывается длинная гайка *4*, заканчивающаяся центром *5*. Для сверления при помощи трещотки применяют скобу *9*, позволяющую установить трещотку в определенном положении. Вращательное движение осуществляется храповым колесом *3*, наглухо закрепляемым на шпинделе. Собачка *8* при повороте рукоятки на небольшой угол упирается в зуб храпового колеса и поворачивает его, а вместе с ним и шпиндель на тот же угол. Пружина все время поджимает собачку к храповому колесу.

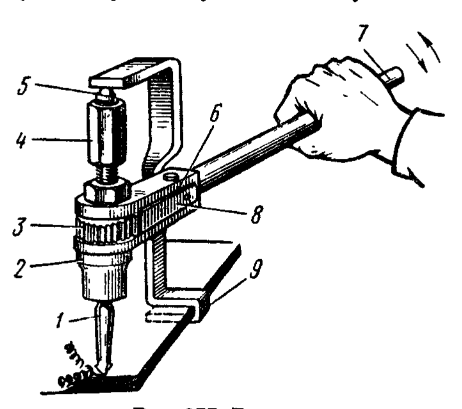


Рис. 277. Трещотка:
1 — сверло, *2* — шпиндель, *3* — храповое колесо, *4* — гайка, *5* — центр, *6* — вилка, *7* — рукоятка, *8* — собачка, *9* — скоба

Ручная дрель (рис. 278) применяется для сверления отверстий диаметром до 10 *мм*. На шпинделе *1* установлено коническое зубчатое колесо *8*, которое может соединяться с коническим колесом *3*. В этом случае при вращении вала *2* рукояткой шпиндель *1* получает одно число оборотов, а при соединении зубчатого

колеса *7* с зубчатым колесом *6* и вращении рукоятки *5* шпиндель *1* будет иметь другое число оборотов; поэтому эта дрель называется двухскоростной. Сверление ручной дрелью выполняют на низких и высоких подставках, а также с зажимом деталей в тисках. Приемы держания дрели при этом различны.

Сверление на низкой подставке требует значительно меньшего давления на дрель, чем сверление на высокой подставке. При сверлении на низкой подставке (рис. 279, *а*) дрель держат правой рукой за рукоятку вращения, левой — за неподвижную рукоятку, а грудью упираются в нагрудник. Рукоятку вращают плавно, без рывков. Дрель держат строго вертикально, без качания, иначе сверло может сломаться.

Сверление на высокой подставке (рис. 279, *б*), как правило, выполняют на верстаке и в отличие от сверления на низкой подставке нажимают на дрель не грудью, а левой рукой, которой берут за нагрудник, а правой рукой — за рукоятку вращения. Слегка нажимая на нагрудник, выполняют пробное засверливание. Если отверстие размещено правильно, усиливают нажим левой рукой на нагрудник и продолжают сверлить до конца. При этом не допускают покачивания инструмента, чтобы не поломать сверла.

Рис. 278. Ручная дрель:
1 — шпиндель, *2* — вал, *3, 6, 7, 8* — зубчатые колеса, *4* — упор, *5* — рукоятка

Сверление деталей, зажатых в тисках в вертикальном положении (рис. 279, *в*) является очень сложным, особенно в самом начале работы — сверло выходит из кернового углубления при малейшем ослаблении нажима или перекосе дрели. Деталь зажимают в тисках так, чтобы границы отверстия были расположены выше губок тисков более чем на половину диаметра патрона. Дрель держат в горизонтальном положении левой рукой за неподвижную рукоятку, а правой рукой за рукоятку вращения, выполняют пробное засверливание, вращая плавно рукоятку. При выходе сверла ослабляют нажим и уменьшают число оборотов.

Ручные сверлильные электрические машины (ГОСТ 8524—63) применяют при монтажных, сборочных и ремонтных работах для сверления и развертывания отверстий. Они бывают:

легкого типа (рис. 280, *а*), предназначенные для сверления отверстий диаметром до 8—9 *мм*. Корпус таких машинок обычно имеет форму пистолета;

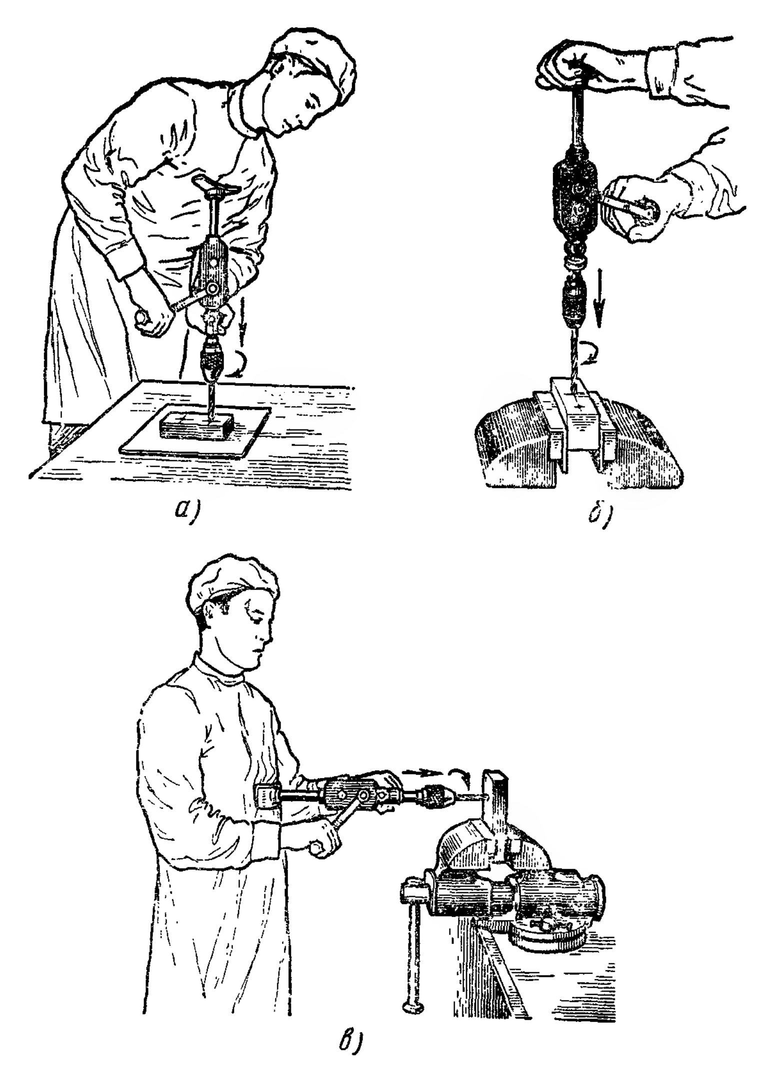


Рис. 279. Сверление ручной дрелью:
а — на низкой подставке, *б* — на высокой подставке в тисках, *в* — в тисках при горизонтальиом положении дрели

среднего типа (рис. 280, *б*), обычно имеющие одну замкнутую рукоятку на задней части корпуса; используются для сверления отверстий диаметром до 15 *мм*;

тяжелого типа (рис. 281), обычно имеющие две рукоятки на корпусе или две рукоятки и грудной упор. Такие машинки применяют для сверления в стальных деталях отверстий диаметром до 20—30 *мм*;

угловые (рис. 282), применяемые для сверления отверстий в труднодоступных местах.

Ручные сверлильные электрические машины, независимо от типа и мощности, состоят из трех основных частей: электродвигателя с рабочим напряжением 220 или 36 *в*, зубчатой передачи и шпинделя.

Из машин легкого типа наиболее распространенной является сверлильная машина И-90 (см. рис. 280, *б*). Электродвигатель универсальный коллекторный, работает на переменном или постоянном токе нормальной частоты напряжением 220 *в*.

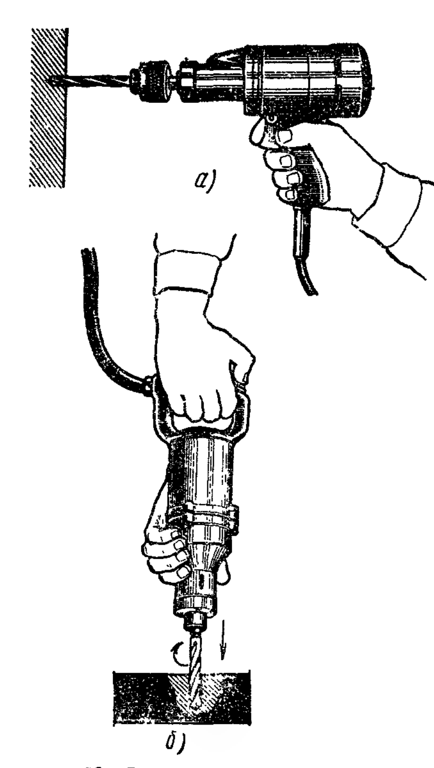


Рис. 280. Ручные сверлильные электрические машинки:
а — легкого типа, *б* — среднего типа.

В алюминиевый корпус *5* (см. рис. 281) электрической сверлильной машины тяжелого типа вмонтирован электродвигатель; на конце вала *1* электродвигателя имеется коническое отверстие, в которое вставляется сверло *6* или патрон. Удерживают ручную сверлильную электрическую машинку во время работы обеими руками за рукоятки *3*, жестко соединенные с корпусом, и устанавливают так, чтобы центр сверла точно совпадал с намеченным центром будущего отверстия; затем нажимают на специальный упор *4*, расположенный в верхней части корпуса, и кнопкой *2*, помещенной в рукоятке *3*, включают электродвигатель.

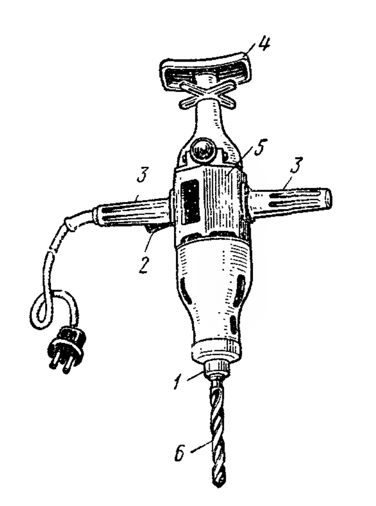


Рис. 281. Ручная сверлильная электрическая машина тяжелого типа

Меры предосторожности при работе ручными электрическими машинками:

работать только в резиновых перчатках и калошах: при отсутствии калош под ноги необходимо подкладывать резиновый коврик. Корпус ручных сверлильных электрических машинок должен быть заземлен (рис. 283);

перед включением ручной сверлильной электрической машинки необходимо сначала убедиться в исправности проводки и изоляции и в том, соответствует ли напряжение в сети напряжению, на которое рассчитана данная машинка;

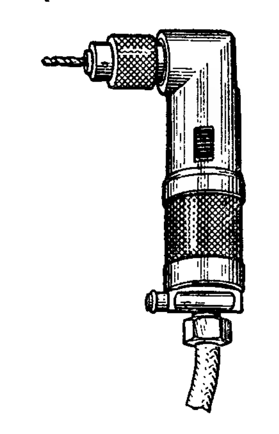


Рис. 282. Ручная электрическая сверлильная угловая машинка

выключать ручную сверлильную электрическую машинку только при вынутом из просверленного отверстия сверле, а вынимать сверло из патрона только после выключения сверлильной машинки;

периодически наблюдать за работой щеток электродвигателя машинки. Щетки должны быть хорошо пришлифованы (при нормальной работе не искрят);

при остановке машинки, появлении искрения или запаха не разбирать машинку на месте, а заменить ее годной из инструментальной кладовой.

Машины сверлильные пневматические ручные (ГОСТ 10212—68) по сравнению с электрическими имеют небольшие размеры и вес. Привод ручной сверлильной пневматической машинки допускает плавное регулирование числа оборотов при нажиме на пусковой крючок. При перегрузке машинка автоматически останавливается, чем предотвращается поломка сверла, в то время как перегрузка сверлильной электрической машинки приводит к перегоранию ее обмотки, т. е. к порче машинки.

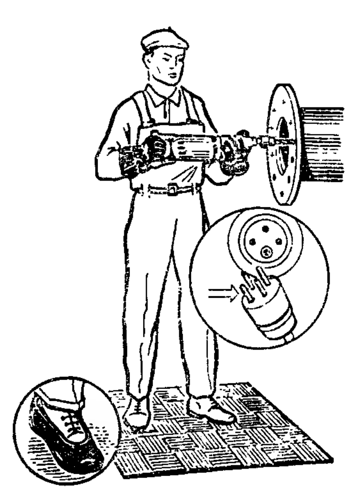


Рис. 283. Безопасная работа сверлильной электрической машинкой

Сверлильные машинки изготовляются двух типов:

прямые — с расположением оси шпинделя соосно или параллельно оси двигателя;

угловые — с расположением оси шпинделя под углом к оси двигателя.

По направлению вращения машинки изготовляют с односторонним направлением вращения и реверсивные.

Для сверления отверстий в деталях, изготовленных из алюминиевых и магниевых сплавов и мягких сталей, применяются машинки сверлильные пневматические ручные со скоростью вра-

щения шпинделя до 3500 *об/мин*, а для сверления отверстий в деталях из легированных сталей — со скоростью вращения шпинделя до 1000 *об/мин*.

На рис. 284 показана ручная сверлильная пневматическая машинка Д-2. Эта машинка массой 1,8 *кг*, скорость вращения шпинделя 2500 *об/мин* при давлении воздуха в сети 5 *ат*. Пневмодвигатель машинки Д-2 роторного типа. Ротор расположен в статоре эксцентрично и образует при этом серповидную камеру. Сжатый воздух поступает в камеру между ротором и статором и давит на рабочие лопатки, заставляя ротор вращаться.

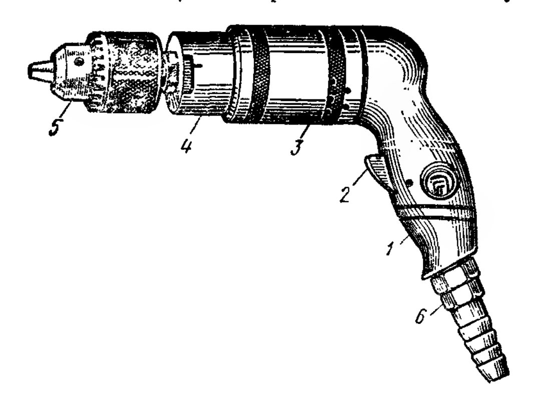


Рис. 284. Ручная сверлильная пневматическая машинка Д-2:

1 — рукоятка, *2* — курок, *3* — корпус пневмодвигателя, *4* — корпус шпинделя, *5* — трехкулачковый патрон, *6* — штуцер

При помощи удлиненных угловых и кондукторных насадок, закрепляемых на корпусе машины, можно производить сверление в труднодоступных местах.

На рис. 285 показана пневматическая сверлильная машинка РС-8 с насадкой, расположенной под углом 20°. Корпус *1* этой насадки закрепляется на машинке барашком *4*. В трубке *2* насадки размещен шарнирный вал, который вращает цанговую оправку со сверлом *3*.

Устройства для крепления и подвешивания механизированного инструмента. Возможности использования электрических и пневматических сверлильных машинок

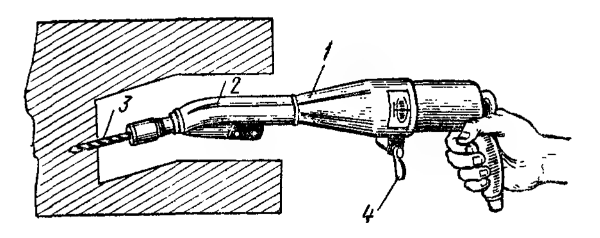


Рис. 285. Пневматическая сверлильная машинка РС-8 с угловой насадкой:

1 — корпус, *2* — трубка, *3* — сверло, *4* — барашек

значительно расширяются при условии применения несложных приспособлений.

Сверлильные машинки могут быть использованы в качестве сверлильной установки (рис. 286). В этом случае сверлильная

машинка 2 закрепляется на стойке 4, снабженной поворотным поднимающимся вверх и вниз столом 1, на котором закрепляется деталь. Подача на сверло производится рычагом 3.

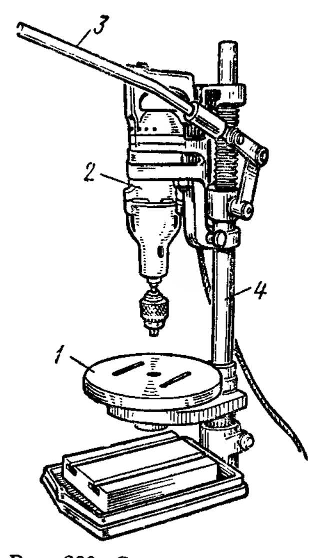


Рис. 286. Сверлильная установка:
1 — стол, 2 — машинка, 3 — рычаг, 4 — стойка

При сборочных работах для удобства и облегчения пользования ручные сверлильные электрические машинки укрепляют на подвесках, представляющих собой легкие двух- или четырехколесные тележки, установленные на монорельсе над рабочим местом.

Чтобы машинка не мешала рабочему в то время, когда он не пользуется ею, машинку подвешивают на рабочем месте на спиральной пружине (рис. 287, *а*), на тросе с противовесом (рис. 287, *б*, *в*).

§ 99. СВЕРЛИЛЬНЫЕ СТАНКИ

На сверлильных станках могут быть выполнены следующие работы:

сверление сквозных и глухих отверстий (рис. 288, *а*);

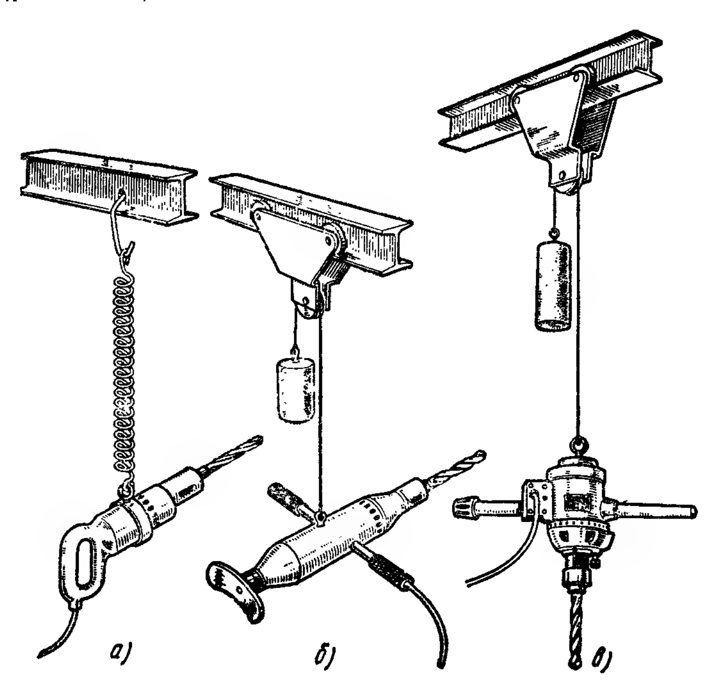


Рис. 287. Подвеска механизированного инструмента:
а — на спиральной пружине, *б*, *в* — на тросе с противовесом

рассверливание отверстий (рис. 288, *б*);

зенкерование, позволяющее получить более высокие классы точности обработки и чистоты поверхности отверстий по сравнению со сверлением (рис. 288, *в*);

растачивание отверстий, осуществляемое резцом на сверлильном станке (рис. 288, *г*);

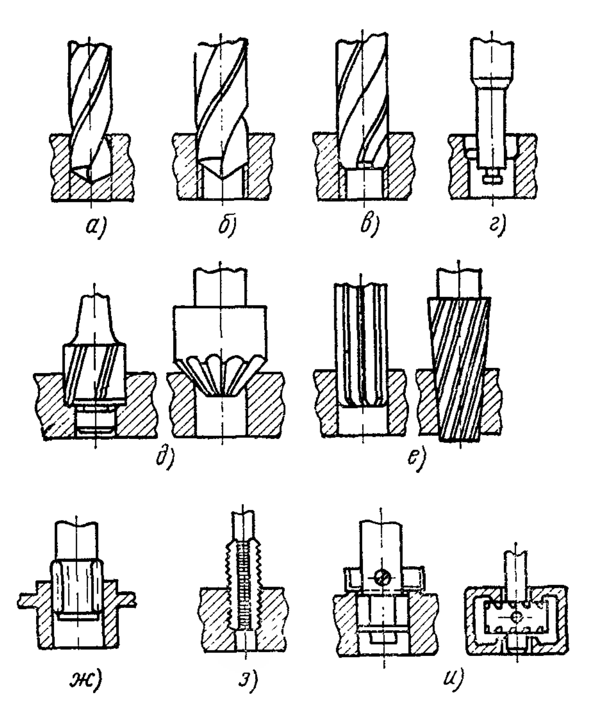


Рис. 288. Работы, выполняемые на сверлильных станках:

а — сверление сквозных и глухих отверстий, *б* — рассверливание небольших отверстий на большие, *в* — зенкерование, *г* — растачивание, *д* — зенкование, *е* — развертывание, *ж* — проглаживание, *з* — нарезание внутренней резьбы, *и* — цекование

зенкование, выполняемое для получения у отверстий цилиндрических и конических углублений и фасок (рис. 288, *д*);

развертывание отверстий, применяемое для получения необходимой точности и чистоты (рис. 288, *е*);

проглаживание, производимое специальными роликовыми оправками, или развальцовывание, имеющее назначение уплотнения (сглаживания гребешков на поверхности отверстия после развертывания деталей из дюралюминия, электрона и др.) (рис. 288, *ж*);

нарезание внутренней резьбы метчиком (рис. 288, *з*);

цекование — подрезание торцов наружных и внутренних приливов и бобышек (рис. 288, *и*).

Этими видами работ не исчерпываются возможности сверлильных станков, на которых выполняют и другие операции.

Сверлильные станки подразделяются на три группы: универсальные (общего назначения), специализированные и специальные.

Ниже описаны устройства и работа настольно-сверлильного и вертикально-сверлильного станков.

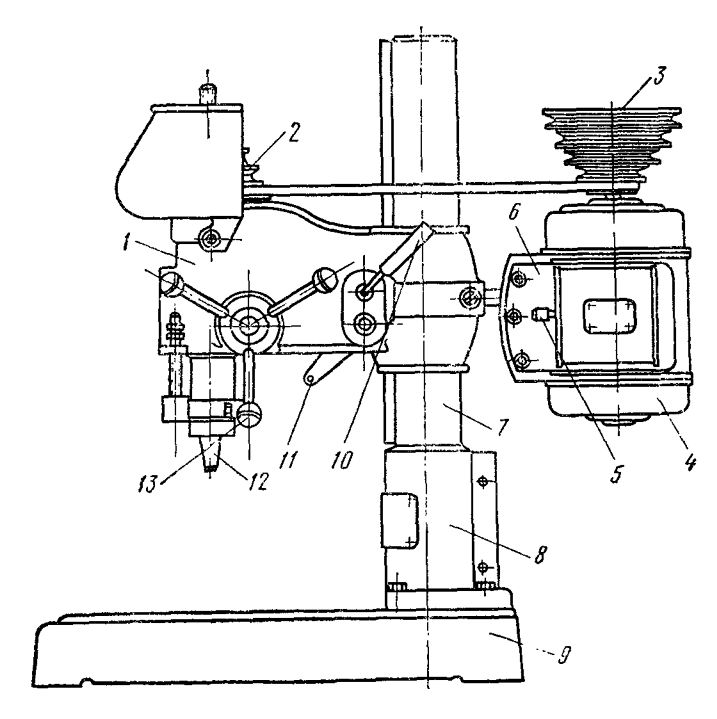


Рис. 289. Настольно-сверлильный станок НС-12А:
1 — шпиндельная бабка, 2 — шкив шпинделя, 3 — ступенчатый шкив, 4 — электродвигатель, 5 — вилка, 6 — плита двигателя, 7 — колонна, 8 — кронштейн, 9 — плита, 10, 11, 13 — рукоятки, 12 — шпиндель

Настольно-сверлильный станок НС-12А предназначен для сверления в небольших деталях отверстий диаметром не более 12 *мм*.

Станок НС-12А состоит из следующих оснований узлов и деталей (рис. 289): плиты *9*, колонны *7*, шпиндельной бабки *1*, шпинделя *12*, электродвигателя *4*. На плите *9* укреплена в кронштейне *8* колонна *7*, по которой перемещается вверх и вниз шпиндельная бабка *1*. Для перемещения шпиндельной бабки по колонне служит рукоятка *11* и для фиксирования ее на нужной высоте — рукоятка *10*. Электродвигатель *4* при помощи подмоторной плиты *6* крепится к шпиндельной бабке. На оси электродвига-

теля находится ступенчатый шкив *3*, соединяющийся со шкивом *2* шпинделя клиновым ремнем.

Шпиндельный узел смонтирован в корпусе шпиндельной бабки *1* (см. рис. 289). Шпиндель *9* (рис. 290) находится в гильзе *6* на шарикоподшипниках *7* и *4* и вращается шкивом *1* через шлицевое соединение *2*.

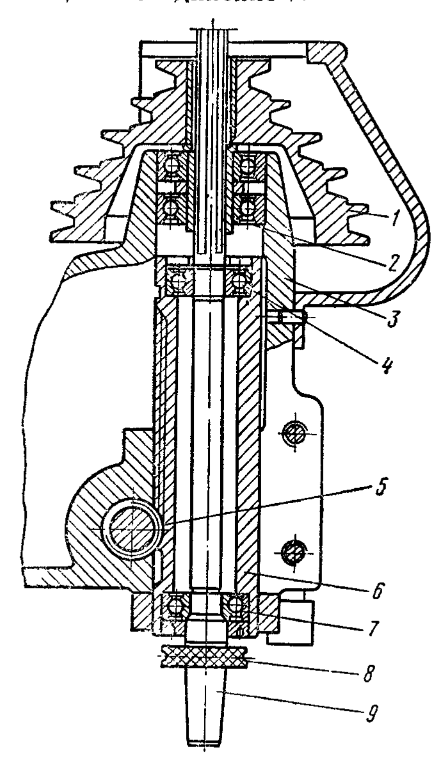


Рис. 290. Шпиндельный узел:
1 — шкив, *2* — шлицевое соединение, *3* — шпиндельная бабка, *4*, *7* — шарикоподшипники, *5* — валик-шестерня, *6* — гильза, *8* — гайка, *9* — шпиндель

Подача шпинделя ручная, осуществляется вращением рукоятки *13* (см. рис. 289) при помощи валика-шестерни *5* (рис. 290) и гильзы *6* с рейкой. Гайка *8* предназначена для снятия с конуса шпинделя сверлильного патрона, в котором крепится режущий инструмент.

Для переключения электродвигателя на правое или левое вращение вилку *5* барабанного переключателя (см. рис. 289) поворачивают в соответствующее положение.

Вертикально - сверлильные станки (2118А, 2А125, 2А135, 2А150, 2170) предназначены для сверления, рассверливания отверстий различных размеров, зенкерования, развертывания их и нарезания резьбы. Например, 2170 обозначает: 2 — сверлильная группа, 1 — вертикально-сверлильный тип, 70 — наибольший диаметр сверления.

Вертикально - сверлильный станок 2А135 имеет колонну (станину) *8* (рис. 291), в верхней части которой установлена шпиндельная головка *5*. Внутри ее расположена коробка скоростей, передающая вращение от электродвигателя *6* на шпиндель *3*. Осевое перемещение инструмента осуществляется при помощи коробки подач *4*, установленной на станине. Обрабатываемое изделие устанавливается на столе *2*, который может подниматься и опускаться при помощи рукоятки *9*, что дает возможность сверлить отверстия в деталях различной высоты. Станок устанавливается на плите *1*.

Уход за сверлильными станками. Сверлильные станки будут работать с требуемой точностью, производительно и безотказно длительное время лишь в том случае, если за ними будет

соответствующий уход. Перед работой смазывают все трущиеся части станка и заливают масло в масленки.

Во время работы проверяют рукой степень нагрева подшипников. Во избежание несчастного случая перед проверкой степени нагрева подшипников электродвигатель выключают и проверяют при неработающей ременной или зубчатой передаче.

По окончании работы стол станка и его пазы тщательно очищают от грязи и стружки, протирают и смазывают тонким слоем масла.

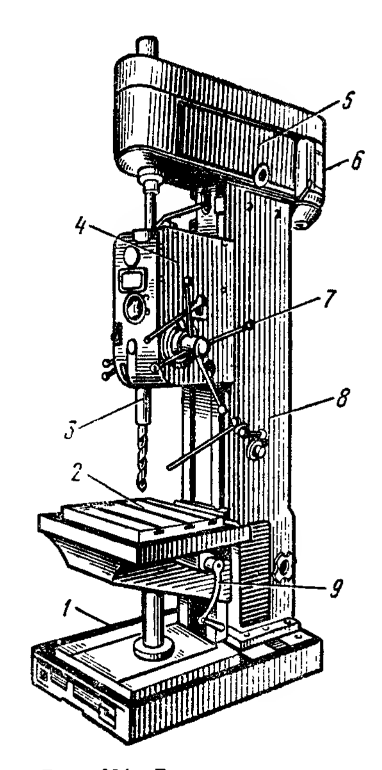


Рис. 291. Вертикально-сверлильный станок 2А135:
1 — плита, *2* — стол, *3* — шпиндель, *4* — коробка подач, *5* — шпиндельная головка, *6* — электродвигатель, *7* — штурвал, *8* — станина, *9* — рукоятка

§ 100. УСТАНОВКА И КРЕПЛЕНИЕ ДЕТАЛЕЙ ДЛЯ СВЕРЛЕНИЯ

Для обеспечения точности при сверлении все детали, за исключением очень тяжелых, прочно закрепляют к столу сверлильного станка. Для установки и закрепления обрабатываемых деталей на столе сверлильного станка применяются различные приспособления, наиболее распространенными из них являются: прихваты с болтами, тиски машинные (винтовые, эксцентриковые и пневматические), призмы, упоры, угольники, кондукторы, специальные приспособления и др.

Крепежные прихваты применяют четырех видов: пальцевые (рис. 292, *а*), вилкообразные (рис. 292, *б*), плиточные (рис. 292, *в*) и изогнутые (рис. 292, *г*). Для надежного крепления небольших деталей достаточно одного прихвата, а для больших деталей требуется два или несколько прихватов.

Крепежные болты. В столах всех сверлильных станков имеются Т-образные пазы. В эти пазы вставляются болты для крепления разных приспособлений (рис. 293).

При различных работах приме-

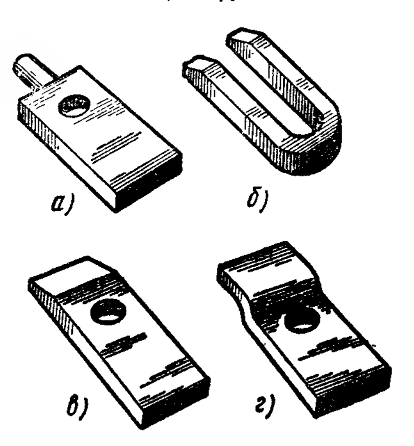


Рис. 292. Крепежные прихваты:
а — пальцевые, *б* — вилкообразные, *в* — плиточные, *г* — изогнутые

няются болты разных видов. Для обычного крепления применяются болты с квадратной головкой *2*, которые вставляются с конца Т-образного паза. Болты с Т-образной головкой удобны. Их можно вставлять в любое место паза, а затем повернуть на 90°. Этот вид болтов особенно удобен, когда необходимо закрепить внутреннюю

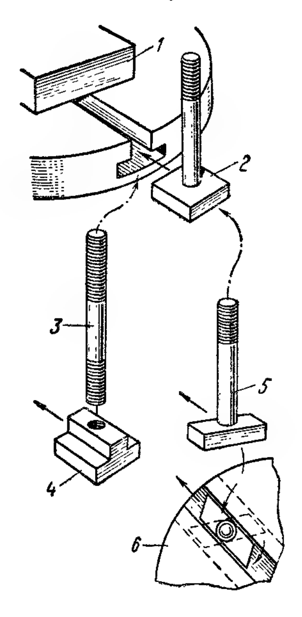


Рис. 293. Крепежные болты:

1 — деталь, *2* — болт с квадратной головкой, *3* — шпилька, *4* — Т-образная головка шпильки, *5* — Т-образная головка болта, *6* — вид сверху на болт с Т-образной головкой в Т-образном пазу стола

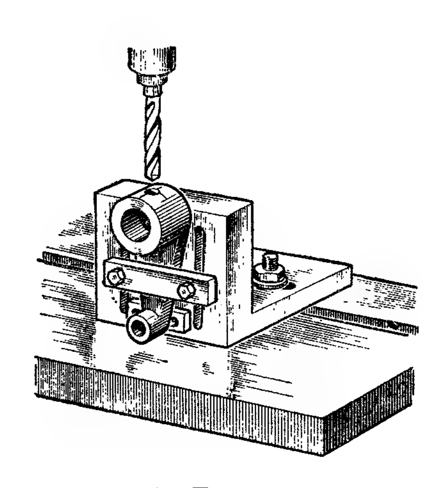


Рис. 294. Простой угольник

часть детали *1*, которую в противном случае пришлось бы поднять над болтом. Иногда предпочитают применять Т-образную головку *4* с нарезанным отверстием, потому что вывернув шпильку *3*, можно легко передвинуть головку *5* на нужное место.

Набор нескольких таких головок и шпилек различной длины избавляет от необходимости иметь набор различных видов болтов разных диаметров.

Угольники применяются для крепления таких заготовок, которые нельзя установить для обработки отверстий на столе станка, в тисках и в других устройствах. Угольники бывают простые и универсальные.

Простые угольники имеют обычно две точно обработанные полки (рис. 294), одна из которых служит для установки на стол станка, а другая — для установки и крепления детали.

Универсальные угольники используются для установки разнообразных заготовок под различными углами к столу станка. Обе полки универсального угольника соединены между собой шарнирной осью и могут устанавливаться под любым углом относительно

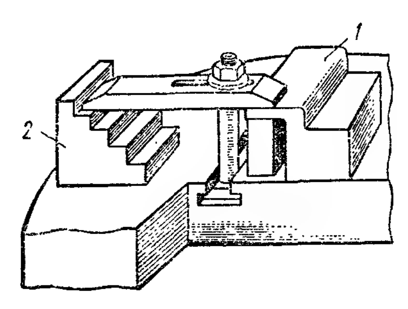


Рис. 295. Ступенчатые опоры:
1 — упор, *2* — ступенчатая опора

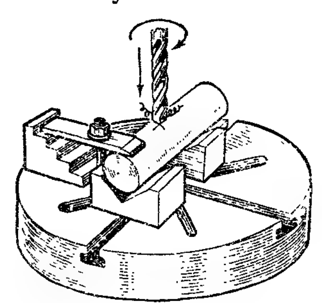


Рис. 296. Установка и закрепление валика при помощи одного упора на призмах

одна другой. Заготовку крепят к установочной плоскости угольника при помощи прижимных планок, накладок и болтов, вставляемых в Т-образные пазы отверстия или прорези.

Ступенчатые опоры *2* (рис. 295) различных конструкций имеют различное число ступеней. Упоры под наружные концы прихватов могут быть сделаны из обрезков металла или твердой древесины. Если применяется деревянный упор *1*, он должен иметь достаточное поперечное сечение для обеспечения необходимой жесткости. Упор ставят так, чтобы давление прихвата передавалось на срез, перпендикулярный волокнам древесины.

На рис. 296 показана установка валика при помощи одного упора на призмах. В зависимости от условий работы установка может меняться, но обрабатываемая деталь всегда должна крепиться прочно. На рис. 297, *а, б* показаны другие способы крепления деталей при сверлении.

Прихваты с болтами. В Т-образные канавки стола *2* сверлильного станка или плиты станка устанавливают зажимные болты *1* с четырехугольной голов-

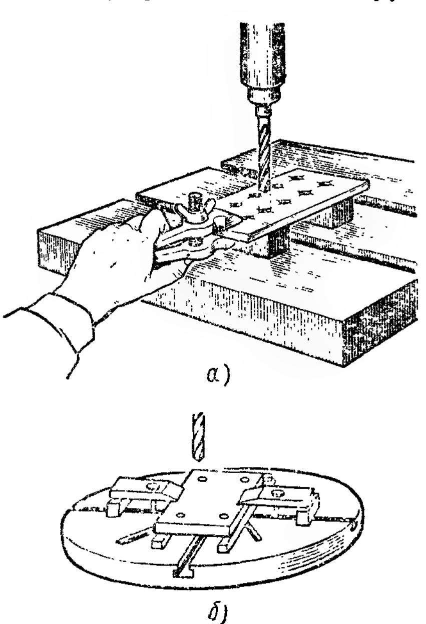


Рис. 297. Некоторые способы крепления деталей при сверлении:
а — при помощи ручных тисков, *б* — прижимами

кой (рис. 298). На болт надевается прижимная планка *6*, которая одной стороной ложится на край закрепляемой заготовки *7*, а другой — на упор *3*. Гайка *5*, упирающаяся в шайбу *4*, прижимает заготовку при помощи прижимной планки к верхней плоскости стола. Прихваты применяются разных форм и размеров.

Машинные тиски наиболее часто используются для крепления небольших деталей. Они могут быть поворотными и неповоротными.

Машинные неповоротные тиски состоят из основания *7* (рис. 299), привертываемого к столу станка болтами *6*, выполненного за одно целое с неподвижной губкой *5*, подвижной губки *3*, прижимных планок *4*, винта *2* и упора *8*.

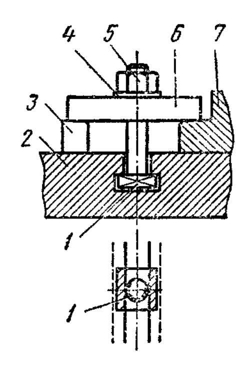


Рис. 298. Прихват с болтами:

1 — зажимный болт, *2* — стол, *3* — упор, *4* — шайба, *5* — гайка, *6* — прижимная планка, *7* — заготовка

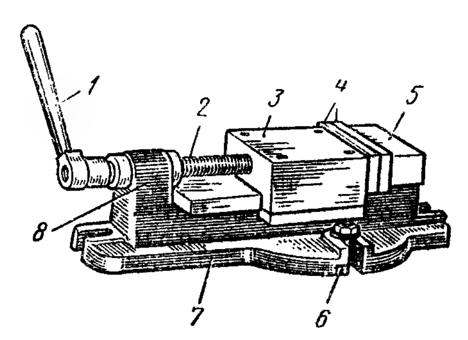


Рис. 299. Неповоротные тиски:

1 — рукоятка, *2* — винт, *3* — подвижная губка, *4* — планка, *5* — неподвижная губка, *6* — крепление болтом, *7* — основание, *8* — упор

Винт при помощи рукоятки *1* ввертывается или вывертывается из гайки, укрепленной или нарезанной в теле подвижной губки.

Перед тем как установить деталь в тиски, стол станка тщательно протирают. Затем протирают и слегка смазывают маслом поверхность основания тисков, которая соприкасается со станком. Тиски устанавливают посредине стола, разводят губки на ширину зажимаемой детали, протирают губки и дно тисков, прижимные планки, а деталь устанавливают на подкладки и затем прижимают ее к неподвижной губке. Планки по высоте выбирают так, чтобы обрабатываемая деталь выступала над поверхностью губок на 6—10 *мм*.

После установки детали в тиски ее легкими ударами молотка осаживают, проверяют, насколько плотно к подкладке прилегла деталь, и еще раз зажимают винтом.

Для механизированного зажима деталей применяют пневматические, гидравлические, пневмогидравлические и электромеханиче-

ские приводы. Широко используются универсальные столы с приставными гидравлическими зажимами. Одно из таких приспособлений показано на рис. 300, *а*.

Применение вместо машинных тисков электромагнитных плит (рис. 300, *б*) значительно ускоряет закрепление деталей, а следовательно, повышает производительность труда. Электромагнитные

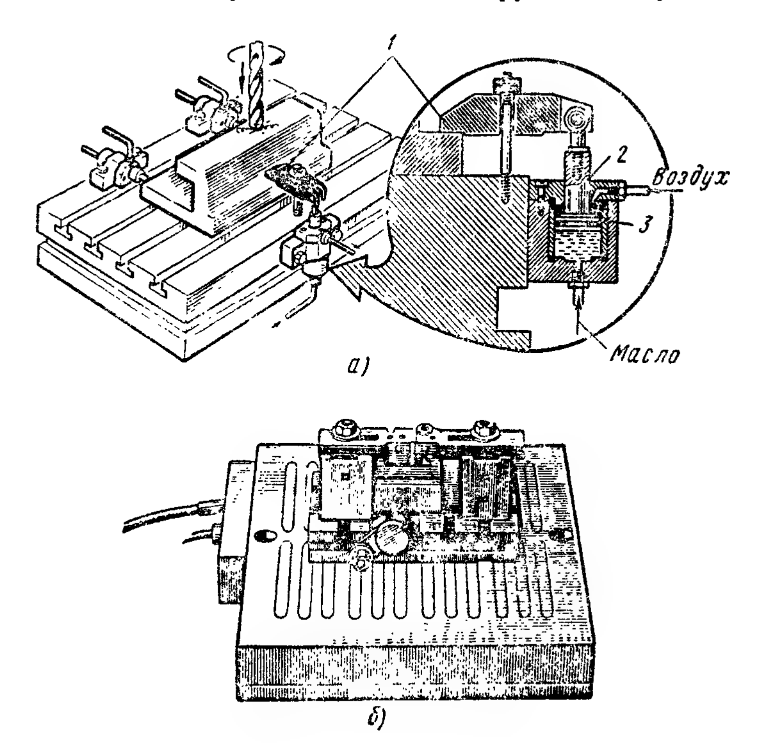


Рис. 300. Крепление деталей:

а — гидравлическими прижимами, *б* — на электромагнитной плите; *1* — прижим, *2* — шток, *3* — уплотнительное кольцо

плиты имеют усилие притяжения 5 *кГ/см*², выпрямленное напряжение питания 36 *в*.

При большом количестве одинаковых деталей и в тех случаях, когда требуется высокая точность, сверление производят в специальных приспособлениях, называемых кондукторами.

Способ сверления отверстий по кондуктору значительно точнее и производительнее, чем по разметке, так как исключается процесс разметки, необходимость выверки при установке и креплении детали. Кондукторы, в зависимости от формы деталей, бывают закрытые (коробчатые), накладные и др.

На рис. 301 показан кондуктор коробчатой формы с крышкой. Обрабатываемую деталь закладывают в кондуктор и

зажимают крышку винтами. Сверло вводят в направляющую втулку и сверлят отверстие.

На рис. 302 показана конструкция **накладного кондуктора**. Обрабатываемую деталь *5* устанавливают на основание *6* кондуктора. Крышку *1* кондуктора накладывают на деталь и прижимают к ней винтами *3*. Затем в кондукторную втулку *2* вводят сверло *4* и сверлят отверстие.

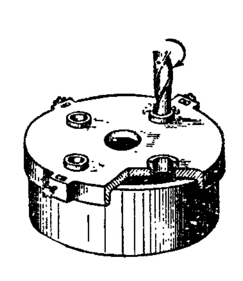


Рис. 301. Кондуктор коробчатой формы

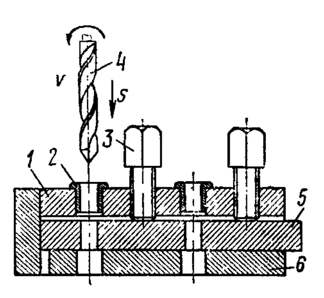


Рис. 302. Кондуктор накладной:

1 — крышка, *2* — втулка, *3* — винты, *4* — сверло, *5* — деталь, *6* — основание

Инженерами-конструкторами В. С. Кузнецовым и В. А. Пономоревым разработаны универсально-сборочные приспособления (УСП), которые используются для выполнения различных слесарных работ. Сущность системы универсально-сборочных приспособлений заключается в том, что из отдельных нормализованных элементов собирают необходимое приспособление, например зажимное приспособление для закрепления деталей при сверлении, при опиливании и т. д. После выполнения той или иной операции приспособление разбирается на составные элементы и в новой компоновке эти элементы могут быть использованы для сборки другого приспособления, совершенно отличного от предыдущего.

Описываемая система УСП основана на полной взаимозаменяемости элементов этих приспособлений. Простота конструкции сборных элементов обеспечивает высокую производительность труда.

В комплект универсально-сборочных приспособлений входят следующие восемь групп нормализованных элементов:

базовые квадратные плиты (рис. 303, *а*) размером $120\times180\times$ $\times360\times720$ *мм*, на рабочей поверхности которых имеются прямоугольные канавки, Т-образные пазы, и круглые плиты диаметром 320 и 440 *мм*, имеющие на рабочей поверхности радиальные и Т-образные пазы;

установочные детали — шпонки, пальцы, диски и т. д., служащие для фиксации нормализованных элементов между собой при соединении;

опорные детали — подкладки, угольники с различными пазами, предназначенные для установки и соединения технологических баз;

направляющие детали (рис. 303, *б*), предназначенные для точного направления инструмента, кондукторные втулки и т. п.;

прижимные детали, имеющие самые различные конструктивные формы (прихваты);

крепежные детали: болты, гайки, винты, шайбы, шпильки и т. д.— для соединения деталей (рис. 303, *в*);

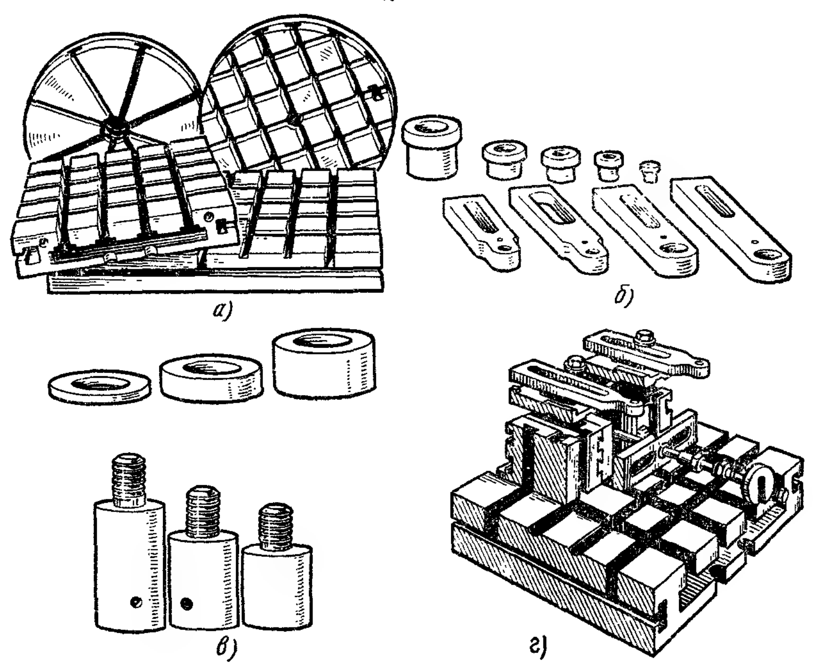


Рис. 303. Нормализованные элементы универсально-сборочного приспособления:

а — базовые плиты, *б* — направляющие детали, *в* — втулки и крепежные детали, *г* — применение приспособлений

нормализованные детали;

нормальные узлы.

Наличие указанных деталей позволяет собрать до 150 различных приспособлений. Применение приспособлений показано на рис. 303, *г*. Использование универсально-сборочных приспособлений дает большую экономию времени и материальных средств.

§ 101. КРЕПЛЕНИЕ СВЕРЛ

Крепление сверл, разверток, зенкеров и зенковок на сверлильных станках в зависимости от формы хвостовика осуществляют тремя способами: непосредственно в коническом отверстии шпинделя, в переходных конических втулках, в сверлильном патроне.

Крепление инструмента непосредственно в коническом отверстии шпинделя (рис. 304, *а*). Конические хвостовики сверл, разверток, зенкеров и т. д., а также конические отверстия в шпинделях сверлильных и других станков

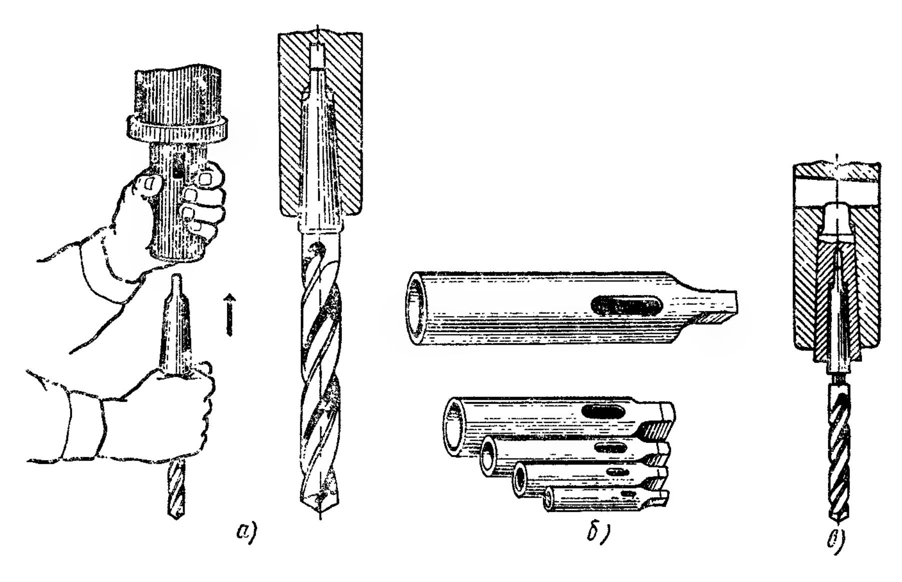


Рис. 304. Крепление инструмента:
а — непосредственно в шпинделе станка, *б* — переходные конические втулки, *в* — крепление инструмента при помощи переходной втулки

изготовляются по системе Морзе. Конусы Морзе имеют номера 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6; каждому номеру соответствуют определенные размеры конуса. Номера переходных втулок выбираются по размерам конусов режущих инструментов. В коническом отверстии шпинделя конический хвостовик удерживается силой трения, возникающей между коническими поверхностями. Лапка хвостовика входит в паз шпинделя и предохраняет хвостовик от проворачивания.

Крепление иструмента через переходные конические втулки производится в тех случаях, когда конус хвостовика инструмента меньше конуса отверстия шпинделя. Переходные конические втулки (ГОСТ 13599—68) (рис. 304, *б*) бывают короткие и длинные. На рис. 304, *в* показано крепление инструмента при помощи переходной втулки. Втулку со сверлом вставляют в отверстие шпинделя станка.

Удаление инструмента из конического отверстия шпинделя станка осуществляют при помощи клина (рис. 305, *а*) через прорезь. На рис. 305, *б* показан безопасный клин с пружиной, применяемый без молотка.

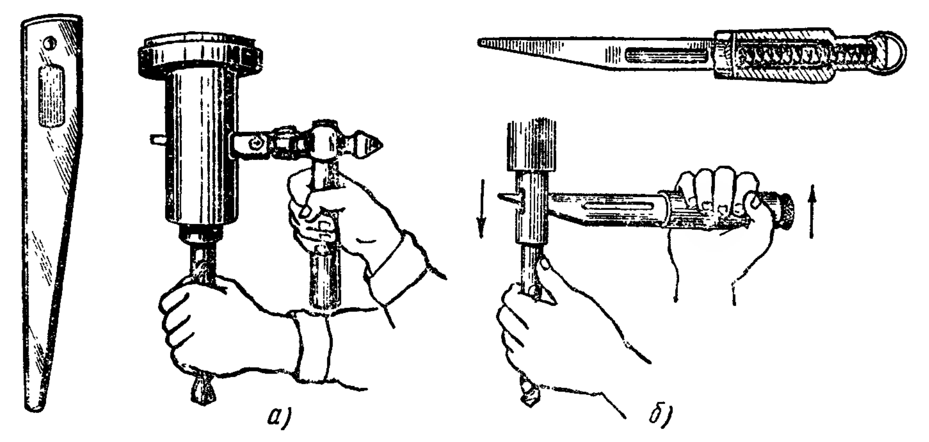


Рис. 305. Удаление инструмента:
а — клином, *б* — безопасным клином (с пружиной)

б)
1
2
3
4
5
а)

Рис. 306. Двухкулачковый патрон:
а — устройство, *б* — закрепление инструмента в патроне ключом; *1* — корпус, *2*, *3* — кулачки, *4* — винт, *5* — квадратное отверстие

1
2
5
3
4
а)
б)

Рис. 307. Трехкулачковый самоцентрирующий патрон:
а — устройство, *б* — установка; *1* — хвостовик, *2* — втулка, *3* — пружина, *4* — кулачки, *5* — корпус

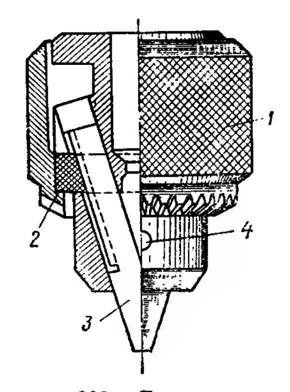


Рис. 308. Трехкулачковый патрон с наклонными кулачками:
1 — обойма, 2 — гайка, 3 — кулачки, 4 — отверстие

Крепление сверл в патронах. Сверла с цилиндрическим хвостовиком крепят в сверлильных патронах, основные из которых приведены ниже.

Двухкулачковый патрон (рис. 306, *а*) имеет цилиндрический корпус *1*, в пазы которого вставлены два стальных закаленных кулачка *2*, *3*. Кулачки при вращении винта *4* сдвигаются, зажимая хвостовик инструмента, или раздвигаются, освобождая инструмент. Винт вращают ключом (рис. 306, *б*), который вставляется в квадратное отверстие *5*. В патроне закрепляют режущий инструмент диаметром от 3 до 14 *мм*.

На рис. 307, *а*, *б* показан трехкулачковый патрон самоцентрирующий для закрепления сверл диаметром от 2 до 12 *мм* с коническим хвостовиком. На резьбовую часть хвостовика *1* навинчена втулка *2* с наружной резьбой, на которую навернут корпус *5* патрона, имеющий внутренний конус. При повороте корпуса по часовой стрелке три

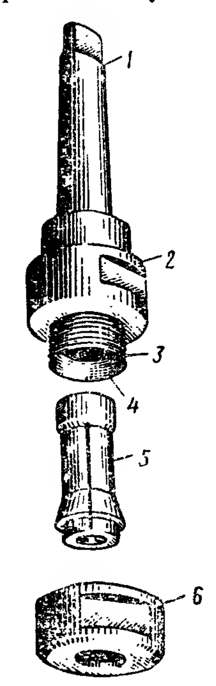


Рис. 309. Цанговый патрон:
1 — хвостовик, 2 — корпус, 3 — резьбовая часть, 4 — конус, 5 — цанга, 6 — гайка

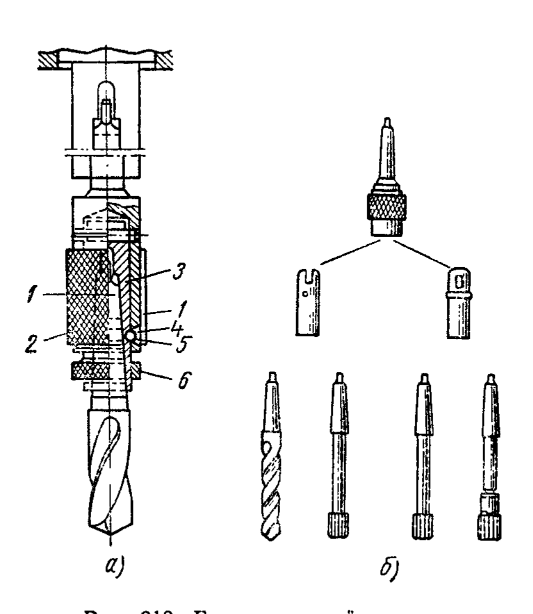


Рис. 310. Быстросменный патрон:
а — устройство, *б* — последовательность установки инструмента; 1 — инструмент, 2, 6 — кольца, 3 — сменная втулка, 4 — выточка, 5 — шарики

кулачка *4*, прижатые к нему пружинами *3*, сходятся и зажимают сверло.

Трехкулачковый патрон с наклонно расположенными кулачками (рис. 308) обеспечивает более точное и прочное закрепление сверла. Обойма *1* прочно насажена на гайку *2*, на внутреннем конусе которой имеется резьба, а на торце — конические зубья. В пазах корпуса патрона находятся три расположенных наклонно кулачка *3*, на внешних сторонах их тоже нарезана резьба, которая соединена с резьбой гайки *2*. При повороте обоймы специальным ключом, имеющим на конце конические зубья и вставляемым в отверстие *4*, кулачки сходятся или расходятся, зажимая или освобождая сверло.

Заводы выпускают три типоразмера патронов с наклонными кулачками: ПС-6, ПС-9, ПС-15 (число в марке указывает наибольший диаметр сверла).

Цанговый патрон (рис. 309) используют для зажима сверл небольшого диаметра с цилиндрическим хвостовиком в сверлильных станках. Цанговые патроны обеспечивают надежное и точное закрепление инструмента. Корпус *2* цангового патрона имеет хвостовик *1* для закрепления в конусе шпинделя станка и резьбовую часть *3*, на которую навинчена гайка *6*, имеющая на боковой стороне лыски для гаечного ключа. Зажимная цанга *5* устанавливается в конус *4*. При навинчивании гайки *6* на резьбовую часть *3* цанга сжимается и закрепляет хвостовик сверла.

Быстросменные патроны применяют в тех случаях, когда при обработке отверстий требуется частая смена режущего инструмента без остановки станка. Быстросменный патрон (рис. 310, *а*) закрепляется в шпинделе станка коническим хвостовиком. В коническое отверстие сменной втулки *3* вставляют хвостовик режущего инструмента *1*, после чего втулку вводят в цилиндрическое отверстие корпуса патрона. При опускании кольца *2* вниз два шарика *5* входят в выточку *4* сменной втулки, прочно зажимая ее вместе с инструментом в корпусе патрона, и фиксируются в этом положении кольцом *6*.

Для смены втулки с инструментом при работе станка поднимают вверх кольцо *2*, шарики *5* под действием центробежных сил выйдут из выточки *4* втулки *3* и, войдя в выточку кольца, освободят втулку, после чего опускают кольцо *6* вниз и снимают инструмент. На рис. 310, *б* показана последовательность установки инструмента.

В шпиндель вертикально-сверлильного станка часто устанавливают сверлильную головку, допу-

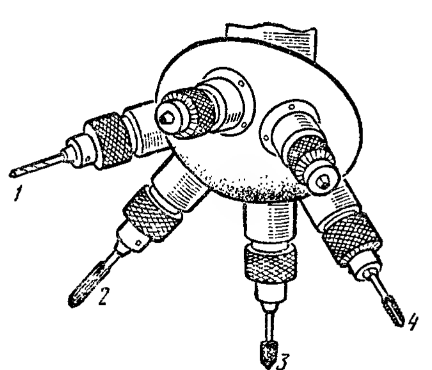


Рис. 311. Сверлильная головка:
1 — сверло, *2* — развертка, *3* — зенковка, *4* — метчик

скающую обработку отверстий пятью инструментами за один установ, например сверление сверлом 1 (рис. 311), развертывание разверткой 2, зенкование зенковкой 3 и нарезание резьбы метчиком 4. Таким образом, одношпиндельный станок с такой головкой может заменить пятишпиндельный, при этом не нужно перемещать деталь, что очень важно для точности обработки. Сверлильные головки могут быть и с большим количеством патронов для установки режущих инструментов.

§ 102. ПРОЦЕСС СВЕРЛЕНИЯ

Для сверления обрабатываемую заготовку (деталь) неподвижно закрепляют в приспособлении, а сверлу сообщают два одновременных движения (рис. 312, *а*) — вращательное по стрелке 1, которое называется главным (рабочим) движением, или движением резания (обозначается буквой v), и поступательное 2, направленное вдоль оси сверла, которое называется движением подачи (обозначается буквой s).

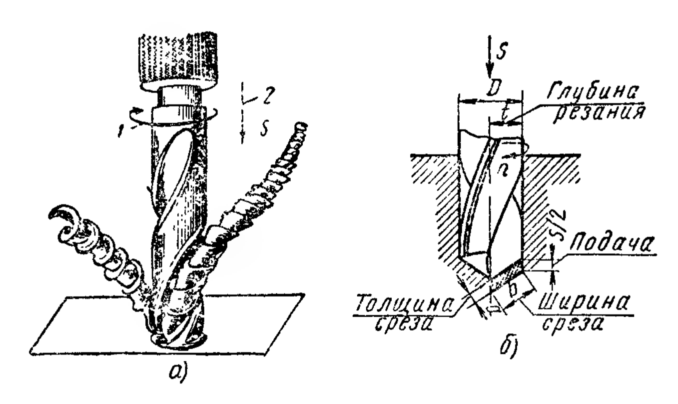


Рис. 312. Движения инструмента при сверлении (*а*), элементы резания (*б*)

При сверлении под влиянием силы резания происходит отделение частиц металла и образование элементов стружки.

Скорость резания, подача и глубина составляют режим резания.

Скоростью резания v называется окружная скорость сверла, измеряемая по его наружному диаметру. Скорость резания подсчитывается по формуле*

$$v = \frac{\pi D n}{1000} \ \text{м/мин},$$

где v — скорость резания, *м/мин*;

* Так как диаметр отверстия измеряется в миллиметрах, а скорость резания в метрах, то произведение πD необходимо разделить на 1000.

D — диаметр сверла, *мм*;
n — число оборотов в минуту сверла;
π — постоянное число 3,14.

Величина скорости резания зависит от обрабатываемого материала, диаметра и материала сверла и формы его заточки, подачи, глубины резания и охлаждения.

П о д а ч а *s* — величина перемещения сверла вдоль оси за один его оборот или за один оборот заготовки (если вращается заготовка, а сверло движется поступательно). Она измеряется в *мм/об.* Так как сверло имеет две режущие кромки, то подача на одну режущую кромку будет:

$$s = \frac{s_0}{2}.$$

Правильный выбор подачи имеет большое значение для стойкости режущего инструмента. Всегда выгоднее работать с большой подачей и меньшей скоростью резания, в этом случае сверло изнашивается медленнее.

Однако при сверлении отверстий малых диаметров величина подачи ограничивается прочностью сверла. С увеличением диаметра сверла прочность его возрастает, позволяя увеличивать подачу; следует учесть, что увеличение подачи ограничивается прочностью станка.

Г л у б и н а р е з а н и я *t* — расстояние от обработанной поверхности до оси сверла (т. е. радиус сверла). Определяется глубина резания по формуле

$$t = \frac{D}{2} \text{ мм}.$$

При рассверливании (рис. 312, *б*) глубина резания определяется как половина разности между диаметром *D* сверла и диаметром *d* ранее обработанного отверстия, т. е.

$$t = \frac{D-d}{2} \text{ мм}.$$

При выборе режимов резания в первую очередь подбирают наибольшую подачу в зависимости от качества обрабатываемой поверхности, прочности сверла и станка и других факторов (по таблицам, приводимым в справочниках) и корректируют по кинематическим данным станка (берется ближайшая меньшая), а затем устанавливают такую максимальную скорость резания, при которой стойкость инструмента между переточками будет наибольшей.

Режимы сверления в зависимости от диаметра отверстия обрабатываемого материала, материала сверла и других факторов приведены в справочниках *.

---

* Э. И. К р у п и ц к и й. Справочник молодого слесаря. М., «Высшая школа», 1966

М. А. С е р г е е в. Справочник слесаря. Лениздат, 1965.

Подготовка и наладка станка

Перед началом работы на сверлильном станке необходимо прежде всего проверить исправность его заземления, протереть стол, отверстие шпинделя, проверить наличие ограждения, проверить вхолостую вращение, осевое перемещение шпинделя и работу механизма подачи, закрепление стола.

Подготовка станка к работе заключается в установке и закреплении режущего инструмента и детали и в определении режима резания (скорости и подачи).

Сверло выбирается в соответствии с заданным диаметром отверстия и в зависимости от обрабатываемого материала.

Выбирая диаметр сверла, следует помнить, что при работе сверлом в результате биения отверстие получается несколько большего диаметра, чем сверло. Средние величины разработки отверстия:

Диаметр сверла, *мм*	5	10	25	50
Диаметр полученного отверстия, *мм*	5,03	10,12	25,2	50,28

Точность сверления в отдельных случаях можно повысить тщательной регулировкой станка, правильной заточкой сверла или применением кондукторной втулки.

В зависимости от того, какой хвостовик имеет сверло — цилиндрический или конический, подбирают сверлильный патрон или соответствующую переходную втулку. Исходя из того, какую форму и размеры имеет обрабатываемая деталь, выбирают то или иное приспособление для закрепления ее при сверлении.

Прежде чем установить патрон или переходную втулку, необходимо чисто протереть как хвостовик, так и отверстие шпинделя. Запрещается протирание шпинделя при его вращении.

Сверло вводят в отверстие шпинделя легким толчком руки. При установке сверла в патрон необходимо следить за тем, чтобы хвостовик сверла упирался в дно патрона, иначе при работе сверло может переместиться вдоль своей оси. Затем устанавливают приспособление или деталь на столе станка, предварительно очистив как поверхность стола, так и упорную плоскость приспособления или самой детали.

Если необходимо сверлить сквозное отверстие, то во избежание повреждения стола под деталь помещают подкладку (если стол не имеет отверстия) с точными параллельными плоскостями.

Порядок наладки станка на определенное число оборотов и подачу зависит от конструкции станка. В одних станках это производится путем переброски ремня с одной ступени шкива на другую или переключением с помощью рукояток зубчатых колес в коробке скоростей и коробке подач. Многие станки, особенно предназначенные для сверления отверстий малого диаметра, не имеют

механической подачи, и перемещение сверла на таких станках осуществляется вручную.

Для повышения стойкости режущего инструмента и получения чистой поверхности отверстия при сверлении металлов и сплавов следует использовать охлаждающие жидкости. Охлаждающие жидкости, в зависимости от марки обрабатываемого металла и сплава, выбирают по справочникам.

§ 103. СВЕРЛЕНИЕ ОТВЕРСТИЙ

При сверлении различают сквозные, глухие и неполные отверстия. Высококачественное отверстие обеспечивается правильным выбором приемов сверления, правильным расположением сверла относительно обрабатываемой поверхности и совмещением оси сверла с центром (осью) будущего отверстия.

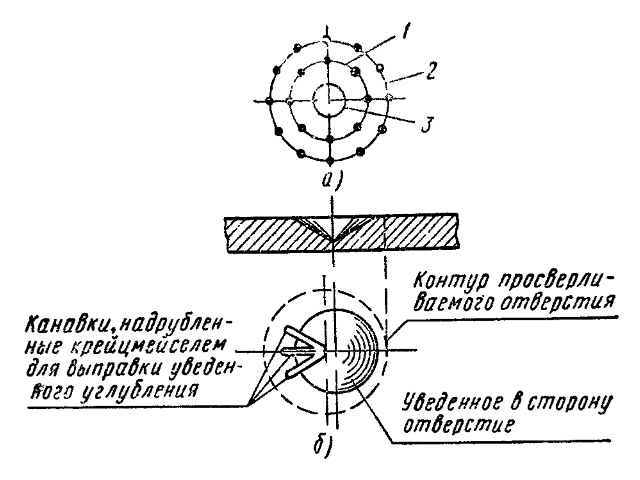


Рис. 313. Сверление по разметке:
а — разметка отверстия *б* — исправление смещенного отверстия

Сверление по разметке. По разметке сверлятся одиночные отверстия. Предварительно на деталь (рис. 313, *а*) наносят осевые риски, круговую риску *1*, определяющую контуры будущего отверстия, и контрольную риску *2* диаметром, несколько большим диаметра будущего отверстия; затем кернят углубление в центре отверстия. Керновое отверстие окружности делается глубже, чтобы дать предварительное направление сверлу. Сверление осуществляют в два приема: сначала выполняют пробное сверление, а затем окончательное. Пробным сверлением при ручной подаче получают углубление *3* размером около $^1/_4$ будущего отверстия. После этого удаляют стружку и проверяют концентричность лунки и круговой риски *1*. Если контуры углубления *3* (лунки) смещены относительно риски *1* будущего отверстия, то от центра лунки

в ту сторону, куда нужно сместить центр отверстия, крейцмейселем прорубают 2—3 канавки. Затем вновь надсверливают отверстие и, убедившись в его правильности, окончательно просверливают отверстие (рис. 313, *б*).

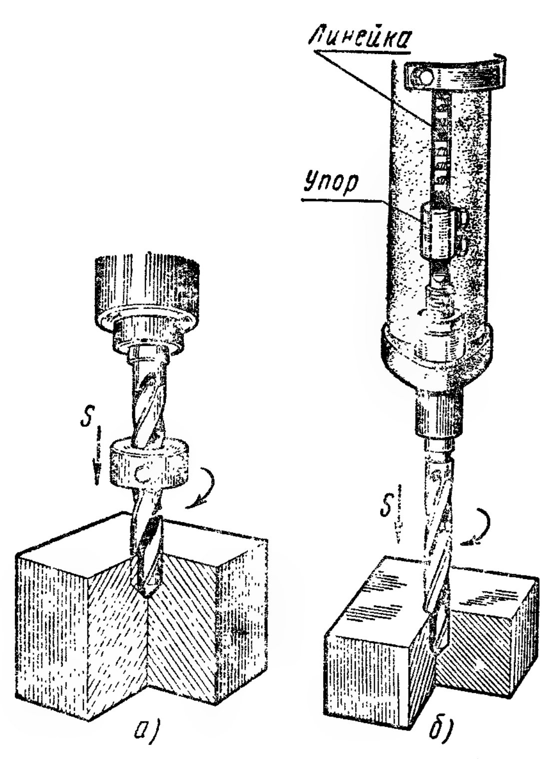


Рис. 314. Сверление глухих отверстий на заданную глубину:

а — по втулочному упору, *б* — по измерительной линейке

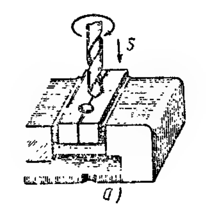
Сверление глухих отверстий на заданную глубину осуществляют по втулочному упору на сверле (рис. 314, *а*) или измерительной линейке, закрепленной на станке (рис. 314, *б*). Для измерения сверло подводят до соприкосновения с поверхностью детали, сверлят на глубину конуса сверла и отмечают по стрелке (указателю) начальное положение на линейке. Затем к этому показателю прибавляют заданную глубину сверления и получают цифру, до которой надо проводить сверление.

Некоторые сверлильные станки на измерительной линейке имеют упор, нижнюю грань которого устанавливают на цифре, до которой нужно сверлить, и который закрепляют винтом.

Многие сверлильные станки имеют механизмы автоматической подачи с лимбами, которые определяют ход сверла на требуемую глубину.

Сверление неполных отверстий (полуотверстий). В тех случаях, когда отверстие расположено у края, к обрабатываемой детали приставляют пластинку из такого же материала, зажимают в тисках и сверлят полное отверстие (рис. 315, *а*), затем пластинку отбрасывают.

Сверление сквозного отверстия в угольнике производится путем закрепления его в тисках на деревянной под-



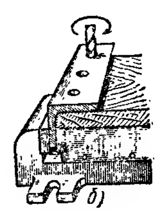


Рис. 315. Сверление:

а — неполного отверстия при помощи приставной пластинки, *б* — отверстия в угольнике

кладке (рис. 315, *б*). Вначале выполняют пробное засверливание и проверяют по контрольным окружностям. Обнаружив увод сверла, исправляют и затем окончательно просверливают отверстие. После этого перестанавливают угольник для сверления следующего отверстия и т. д.

Сверление отверстий в плоскостях, расположенных под углом (рис. 316, *а*). Чтобы сверло не отклонялось в стороны и не ломалось, сначала подготавливают площадку пер-

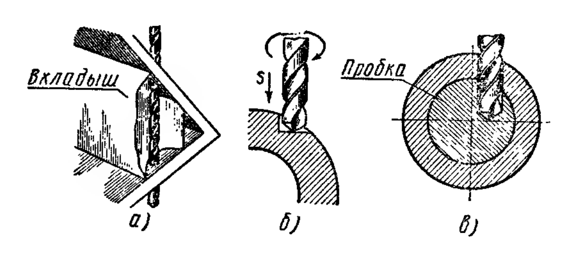


Рис. 316. Сверление отверстий:
а — в плоскости, расположенной под углом к другой плоскости, *б* — на цилиндрической поверхности, *в* — в полых деталях

пендикулярно оси просверливаемого отверстия (фрезеруют или зенкуют), между плоскостями вставляют деревянные вкладыши или подкладки, затем сверлят отверстие обычным путем.

Сверление отверстий на цилиндрической поверхности. Сначала перпендикулярно оси сверления на цилиндрической поверхности делают площадку, накернивают центр, после чего сверлят отверстие обычным путем (рис. 316, *б*).

Сверление полых деталей. При сверлении полых деталей полость забивают деревянной пробкой (рис. 316, *в*).

Сверление отверстий с уступами (рис. 317, *а*) можно получить двумя способами:

первый — сначала сверлят отверстие по наименьшему диаметру, затем его рассверливают на один или два больших диаметра в пределах глубины каждой ступени; сверла меняют по количеству ступеней, последовательно увеличивая их диаметр;

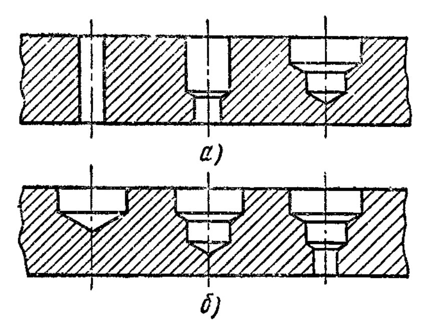


Рис. 317. Сверление отверстий с уступами:
а — рассверливанием, *б* — с уменьшением диаметра отверстия

второй — сначала сверлят сверлом наибольшего диаметра, а затем сверлами меньшего диаметра по числу ступеней (рис. 317, *б*).

При втором и первом способах сверло не уводит в сторону, оно центрируется хорошо. Измерить глубину сверления легче при вто-

ром способе, так как глубиномер тогда упирается в дно отверстия.

Сверление точных отверстий. Для получения точных отверстий сверление производят в два прохода. Первый проход делают сверлом, диаметр которого меньше на 1—3 *мм* диаметра отверстия. Этим исключается вредное действие перемычки. После этого отверстие сверлят в размер. Сверло должно быть хорошо заправлено.

Для получения более чистых отверстий сверление ведут с малой автоматической подачей при обильном охлаждении и непрерывном отводе стружки.

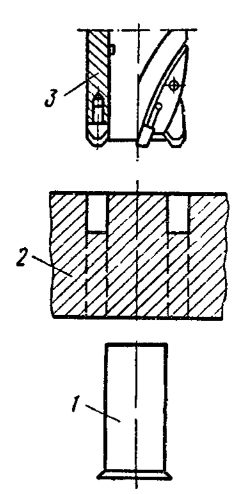


Рис. 318. Кольцевое сверление:
1 — сердцевина детали (стержень), *2* — деталь, *3* — кольцевое сверло (резец)

Сверление отверстий небольших диаметров производят на станках повышенной точности соответствующими подачами или ультразвуковым и электроискровым способами.

Сверление отверстий больших диаметров производится путем рассверливания просверленных отверстий. Однако отверстия, полученные отливкой, штамповкой и другими подобными методами, рассверливать не рекомендуется, так как сверло сильно уводит вследствие несовпадения центров отверстия с осью сверла.

Кольцевое сверление позволяет на станках получить отверстия диаметром 50 *мм* и более, не прибегая к рассверливанию. Кольцевое сверление осуществляют при помощи резцовых головок, имеющих полый корпус с закрепленными на нем резцами, расположенными диаметрально и равномерно по окружности. Число резцов четное — от 6 до 12 для головок диаметром 30—150 *мм*.

При кольцевом сверлении в детали *2* (рис. 318) вырезают резцами *3* канавки, а внутреннюю часть (сердцевину), оставшуюся в отверстии в виде стержня *1*, выламывают. Стержень выламывают обычно не по всей длине отверстия сразу, а частями, по мере углубления головки. Глубина кольцевой выточки, необходимая для выламывания, зависит от диаметра отверстия.

Сверление отверстий в листовом металле. Сверлить отверстие в тонком листовом металле обычными сверлами очень трудно, так как глубина сверления меньше длины заборного конуса: режущие кромки сверла будут цепляться за обрабатываемый материал и рвать его. Отверстия в листовом металле сверлят перовыми сверлами. Чаще всего отверстия в тонком листовом металле пробивают на дыропробивных прессах. Большое отверстие, особенно в листовом материале, получают не сверлением, а вырезанием резцами, закрепленными в оправке (рис. 319). Для этого используют оправку *1* с направляющим стержнем *2* и коническим хвостовиком *4*, в которой закрепляют два (или четыре)

резца *3*. Направляющий стержень входит в готовое отверстие и обеспечивает надежное направление. Оправка с резцами, вращаясь и имея подачу, в детали *5* вырезает отверстие.

Сверление глубоких отверстий. Глубоким сверлением называют сверление отверстий на глубину, превышающую диаметр сверла в 5 раз и более. В зависимости от технологии различают сплошное и кольцевое сверление.

Сверление спиральным сверлом осуществляют надсверливанием отверстия коротким сверлом, затем сверлят нормальным сверлом на полную глубину.

Просверливая глубокое отверстие, периодически выводят из него сверло, не останавливая станок, и удаляют из канавок накопившуюся стружку. Длина сверла должна соответствовать глубине сверления.

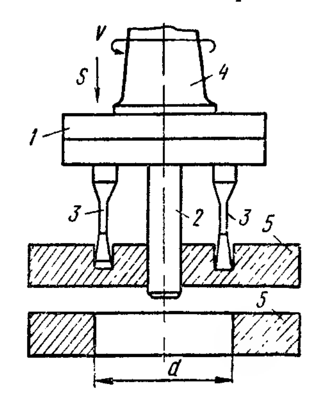


Рис. 319. Вырезание отверстий в листовом металле:

1 — оправка, *2* — направляющий стержень, *3* — резцы, *4* — хвостовик, *5* — деталь

Получение глубоких отверстий обработкой спиральными сверлами обеспечивают следующие меры:

предварительное засверливание (центрование отверстия жестким укороченным сверлом, которое позволит направить более правильно длинное сверло в период врезания в тело);

сверление отверстия двумя сверлами — сначала коротким, а затем длинным; первое сверление на глубину до пяти диаметров сверла;

применение направляющих кондукторных втулок;

применение спиральных сверл с внутренним подводом охлаждающей жидкости.

Сверлить отверстия большой глубины с двух сторон не рекомендуется.

§ 104. ОСОБЕННОСТИ СВЕРЛЕНИЯ ТРУДНООБРАБАТЫВАЕМЫХ СПЛАВОВ И ПЛАСТМАСС

Сверление жаропрочных сталей сопровождается образованием сильно деформированной лентообразной стружки, которая, упираясь в стенки канавок сверла и забивая их, дополнительно деформируется и затрудняет подвод охлаждающей жидкости, что снижает стойкость сверла. Поэтому для сверления этих сталей на задних поверхностях сверла делают стружкоразделительные канавки, расположенные в шахматном порядке.

Сверление жаропрочных сталей осуществляют при обильном охлаждении 5%-ной эмульсией или водным раствором хлористого бария с добавкой 1% нитрита натрия.

Сверление легких сплавов требует особого внимания. Широко применяемыми и представляющими сложность при свер-

лении являются магниевые сплавы МЛ4, МЛ5 и др., а также алюминиевые сплавы.

При сверлении магниевых сплавов на передней поверхности сверла делают фаску с передним углом 5°, шириной 0,2—0,6 *мм* в зависимости от диаметра (чем больше диаметр сверла, тем шире фаска). При обработке магниевых сплавов не рекомендуются большие скорости, потому что сплавы могут воспламениться.

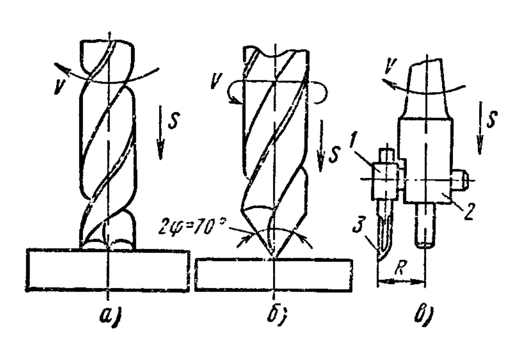


Рис. 320. Особые случаи сверления:
а — в пластмассах, *б* — в органическом стекле, *в* — циркульный резец; *1* — зажим, *2* — оправка, *3* — резец

Особенности сверл для обработки магниевых сплавов: большие передние углы, малые углы при вершине (примерно 45°) и большие задние углы (15°).

Сверла для обработки алюминиевых сплавов изготовляют с большими углами при вершине (65—70°) и наклона винтовых канавок (35—45°), чем у сверл для обработки черных металлов. Задний угол равен 8—10°.

Сверление отверстий в пластмассах. Изделия из пластмасс (за небольшим исключением) можно обрабатывать всеми видами резания. Однако механическая обработка их имеет особенности, которые необходимо учитывать.

Термореактивные материалы (текстолит, аминопласты, гетинакс, волокнит, фенопласт К18-2 и др.) обрабатывают «всухую», без применения охлаждающих жидкостей; охлаждение режущего инструмента осуществляют струей сжатого воздуха.

Термопластичные материалы (капрон, полиэтилен, винипласт) допустимо обрабатывать с охлаждением 5%-ным раствором эмульсола в воде.

Пластические массы режут острозаточенным инструментом. Даже небольшое затупление его резко снижает чистоту обработки поверхности.

Уменьшение подачи также отрицательно влияет на качество обработки, так как нередко приводит к налипанию оплавленного материала (особенно при резании капрона, полиэтилена и винипласта).

Для сверления слоистых пластмасс успешно применяются специальные сверла с углом заточки при вершине 60° (рис. 320, *а*). При обработке капрона с небольшими допусками все измерения должны быть выполнены при температуре 20° С, поскольку тепловое расширение капрона в несколько раз больше, чем металла.

Чтобы выходная сторона при сверлении пластмасс не кро-

шилась, под нее подкладывают жесткую металлическую опору.

Сверление органического стекла выполняют острыми спиральными сверлами с углом при вершине $2\varphi=70°$ (рис. 320, *б*). Если необходимо изготовить отверстие большего диаметра (до 100—150 *мм*), используют циркульные резцы (рис. 320, *в*). Сверление обычно ведут со скоростью до 50 *мм/мин* и подачей 0,1 *мм/об* для тонких заготовок и до 0,3 *мм/об* для заготовок толщиной свыше 10 *мм*. Резец *3* (рис. 320, *в*), закрепленный в зажиме *1*, вставляют в оправку *2*, которая своим хвостовиком закрепляется в шпиндель станка. Резец можно установить на различную величину радиуса *R*.

Сверло для сверления отверстий в резине. Сверление отверстий обычными спиральными сверлами со специально заточенным углом затруднительно. Новатор В. И. Красавцев предложил сверло-лопатку (рис. 321), которое напоминает столярное перовое сверло, но только не имеет центрового направления. Под резину на стол станка кладут кусок фанеры и ведут сверление на самых больших оборотах шпинделя.

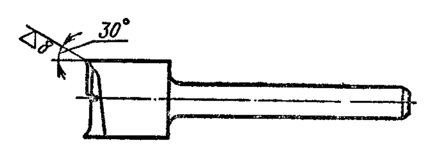


Рис. 321. Сверло-лопатка В. И. Красавцева для сверления резины

При работе на сверлильном станке следует соблюдать следующие правила техники безопасности:

правильно устанавливать, надежно закреплять заготовки на столе станка и не удерживать их руками в процессе обработки;

не оставлять ключа в сверлильном патроне после смены режущего инструмента;

пуск станка производить только тогда, когда есть твердая уверенность в безопасности работы;

следить за работой насоса и количеством охлаждающей жидкости, поступающей к месту обработки;

не браться за вращающийся режущий инструмент и шпиндель;

не вынимать рукой сломанных режущих инструментов из отверстия, пользоваться для этого специальными приспособлениями;

не нажимать сильно на рычаг подачи при сверлении заготовок на проход, особенно при сверлении сверлами малого диаметра;

подкладывать деревянную подкладку на стол станка, под шпиндель при смене патрона или сверла;

пользоваться специальным ключом, клином для удаления сверлильного патрона, сверла или переходной втулки из шпинделя;

постоянно следить за исправностью режущего инструмента и устройств крепления заготовок и инструмента;

не передавать и не принимать каких-либо предметов через работающий станок;

не работать на станке в рукавицах;

не опираться на станок во время его работы.

Обязательно останавливать станок в случае:

ухода от станка даже на короткое время;

прекращения работы;

обнаружения неисправностей в станке, принадлежностях, приспособлениях и режущем инструменте;

при смазывании станка;

установки или смены режущего инструмента и приспособлений, принадлежностей и т. д.;

уборки станка, рабочего места и стружки с инструмента, патрона и заготовки.

Глава XXIV

ЗЕНКЕРОВАНИЕ, ЗЕНКОВАНИЕ И РАЗВЕРТЫВАНИЕ

§ 105. ЗЕНКЕРОВАНИЕ

Зенкерованием называется процесс обработки зенкерами цилиндрических необработанных отверстий в деталях из чугуна и стали, полученных литьем, ковкой или штамповкой, или предварительно просверленных отверстий с целью увеличения диаметра, улучшения чистоты их поверхности, повышения точности (уменьшения конусности, овальности, разбивки).

Зенкерование является либо окончательной обработкой отверстия, либо промежуточной операцией перед развертыванием отверстия, поэтому при зенкеровании оставляют еще небольшие припуски для окончательной отделки отверстия разверткой (так же, как и при сверлении оставляют припуск под зенкерование).

Зенкерование обеспечивает точность обработки отверстий в пределах 3—5-го классов точности, шероховатость обработанной поверхности в пределах 4—6-го классов.

Зенкерование — операция более производительная, чем сверление, так как при равных (примерно) скоростях резания подача при зенкеровании допускается в 2,5—3 раза больше, чем при сверлении.

Инструментом, которым выполняют зенкерование, является зенкер, который, как и сверло, закрепляется в коническом отверстии шпинделя станка и работает так же, как и сверло, совершая вращательное движение вокруг оси, а поступательное — вдоль оси отверстия.

По внешнему виду цельный зенкер напоминает сверло и состоит из тех же основных элементов, но имеет больше режущих кромок (3—4) и спиральных канавок. Три-четыре режущие кромки лучше центрируют инструмент в отверстии, придают ему большую жесткость, чем и обеспечивается получение высокой точности.

Зенкеры изготовляются по ГОСТ 12480—71 двух типов: с коническим хвостовиком; насадные.

Зенкер (рис. 322) состоит из рабочей части *1*, шейки *4*, хвостовика *5* и лапки *6*.

Рабочая часть *1* состоит из режущей (заборной) *2* и направляющей (калибрующей) *3* частей.

Во время зенкерования режущая часть выполняет основную работу по снятию металла, а направляющая часть служит для направления зенкера в отверстии, для зачистки поверхности, для придания отверстию правильной цилиндрической формы и получения правильного размера отверстия.

Рис. 322. Зенкер:
1 — рабочая часть, *2* — режущая часть, *3* — направляющая часть, *4* — шейка, *5* — хвостовик, *6* — лапка

Ленточки (фаски) на направляющей части зенкера уменьшают трение и облегчают резание.

Зенкеры имеют переднюю поверхность *1* (рис. 323), режущие кромки *2*, сердцевину *3*, заднюю поверхность *4*, ленточки *5*, а также углы α — задний, γ — передний, φ — в плане, ω — наклона винтовой канавки, величины которых определяются в зависимости от твердости металлов.

Зенкеры изготовляются из быстрорежущей стали двух типов: с коническим хвостовиком (зенкер № 1), насадные (зенкер № 2).

Цельные зенкеры с коническим хвостовиком и насадные зенкеры предназначаются для предварительной (зенкер № 1) и окончательной (зенкер № 2) обработки отверстий по A_4.

Цельные зенкеры с коническим хвостовиком (рис. 324, *а*) (ГОСТ 12489-71) изготавливаются диаметром от 10 до 40 *мм* и длиной рабочей части от 80 до 200 *мм* с числом зубьев 3.

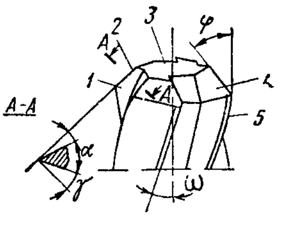


Рис. 323. Геометрия зуба зенкера:
1 — передняя поверхность, *2* — режущая кромка, *3* — сердцевина, *4* — задняя поверхность, *5* — ленточка; углы: α — задний, γ — передний, φ — в плане, ω — наклона винтовой канавки

Насадные зенкеры изготовляются диаметром от 32 до 80 *мм* и длиной от 10 до 18 *мм* с числом зубьев 4.

Для предварительной (зенкер № 1) и окончательной (зенкер № 2) обработки отверстий в деталях из чугуна и стали изготовляются цельные зенкеры с коническим хвостовиком и насадные, оснащенные пластинками из твердого сплава (рис. 324, *б*).

Кроме этого, изготовляются зенкеры насадные со вставными ножами (рис. 324, *в*) из быстрорежущей стали (ГОСТ 2255—71) для предварительной (зенкер № 1) и окончательной (зенкер № 2) обработки отверстий по A_4 в деталях из чугуна и стали, а также зенкеры со вставными ножами, оснащенными пластинками из твердого сплава (ВК6, ВК8, ВК6М, ВК8В, Т5К10, Т14К8, Т15К6 по ГОСТ 3882—67), имеющие три-четыре ножа (клина) — цель-

ные с коническим хвостовиком и четыре-шесть зубьев — насадные.

Зенкерование выполняется на сверлильных станках с подачей в зависимости от диаметра зенкера по чугуну от 0,20 до 0,35 *мм* на один зуб, а по стали 0,15—0,30 *мм* на один зуб и скоростью резания зенкерами с пластинками из ВК — 35 *м/мин*, а с пластин-

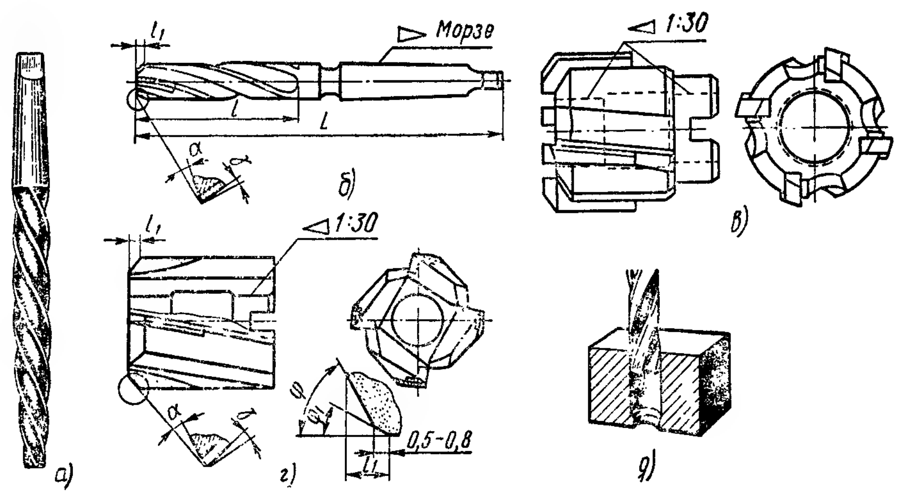


Рис. 324. Зенкеры:

а — цельный с коническим хвостовиком, *б* — хвостовой с напаянными пластинками из твердого сплава, *в* — насадные со вставными ножами, *г* — насадные с напаянными пластинками из твердого сплава, *д* — работа зенкером

ками из ТК — 30 *м/мин*. В качестве охлаждающей жидкости применяют эмульсию.

Для зенкеров со вставными ножами из быстрорежущей стали подачу выбирают от 0,20 до 0,26 *мм* на один зуб, скорость резания от 11,6 до 22,5 *мм/об* в зависимости от диаметра зенкера. В качестве охлаждающей жидкости применяют 5%-ный (по весу) раствор эмульсии в воде.

Насадные зенкеры с напаянными пластинками из твердого сплава (рис. 324, *г*) применяют для развертывания отверстий диаметром от 34 до 80 *мм*. Они изготовляются длиной от 40 до 65 *мм* с числом зубьев не менее четырех. Насадные зенкеры соединяются с оправкой при помощи выступа на оправке и выреза на торце зенкера. На рис. 324, *д* показана работа зенкером.

При зенкеровании отверстий широко применяют комбинированные инструменты, позволяющие совмещать зенкерование со сверлением.

В зависимости от точности все зенкеры изготовляются двух номеров: № 1 для обработки отверстий под развертывание и № 2 для окончательной обработки отверстий с допуском A_4.

При зенкеровании стружку удаляют сильной струей сжатого воздуха или воды, или перевертывая деталь, если она не тяжелая. При зенкеровании деталей из стали, меди, латуни, дюралюминия применяют охлаждение мыльной эмульсией.

Для получения правильного и чистого отверстия припуски на зенкерование должны составлять: для зенкеров диаметром до 25 *мм* — 1 *мм*, для зенкеров диаметром от 26 до 35 *мм* — 1,5 *мм*, для зенкерования зенкерами диаметром от 35 до 45 *мм* — 2 *мм*.

§ 106. ЗЕНКОВАНИЕ

Зенкование - это процесс обработки специальным инструментом цилиндрических или конических углублений и фасок просверленных отверстий под головки болтов, винтов и заклепок.

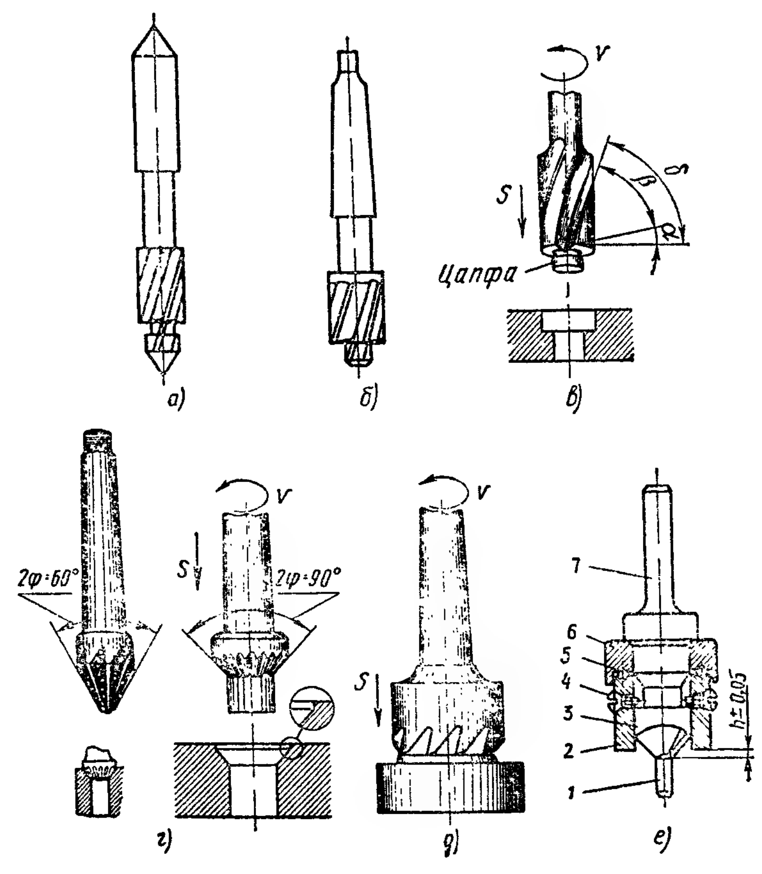


Рис. 325. Зенковки:

а — с постоянной направляющей и цилиндрическим хвостовиком, *б* — со сменной направляющей и коническим хвостовиком, *в* — углы зенковки, *г* — конические зенковки, *д* — цековка, *е* — державка с зенковкой и вращающимся ограничителем; *1* — направляющая шпилька, *2* — упор, *3* — зенковка, *4* — винты, *5* — шарики, *6* — втулка, *7* — хвостовик

Основной особенностью зенковок по сравнению с зенкерами является наличие зубьев на торце и направляющих цапф, которыми зенковки вводятся в просверленное отверстие.

По форме режущей части зенковки подразделяются на цилиндрические, конические и торцовые (цековки).

Цилиндрическая зенковка состоит из рабочей части и хвостовика. Рабочая часть имеет от 4 до 8 торцовых зубьев. Цилиндрические зенковки имеют направляющую цапфу, которая входит в просверленное отверстие, что обеспечивает совпадение оси отверстия и образованного зенковкой цилиндрического углубления.

Цилиндрические зенковки бывают с постоянной направляющей и цилиндрическим хвостовиком диаметром от 2,3 до 12 *мм* (рис. 325, *а*) и со сменной направляющей и коническим хвостовиком диаметром от 11 до 40 *мм* (рис. 325, *б*). Материал — сталь Р18 или Р9.

Зенковки имеют углы, как и другие режущие инструменты (рис. 325, *в*).

Конические зенковки (рис. 325, *г*) состоят также из рабочей части и хвостовика. Рабочая часть имеет конус при вершине с углом 2 φ. Наибольшее распространение получили конические зенковки с углом конуса при вершине 30, 60, 90 и 120°.

Державка с зенковкой и вращающимся ограничителем (рис. 325, *е*) имеет хвостовик *7*, на одном конце которого закреплена на резьбе зенковка *3* с направляющей шпилькой *1*. Упор *2* соединен с зенковкой винтами *4*. Зенковка со втулкой *6* легко вращается благодаря шарикам *5*, размещенным между втулкой *6* и упором *2*. Зенковка выступает из упора на глубину зенкуемого отверстия. Ограничитель позволяет зенковать отверстия на одинаковую глубину, что трудно достичь при пользовании обычными зенковками.

Цекование производится цековками для зачистки торцовых поверхностей. Цековки обычно выполняются в виде насадных головок, имеющих торцовые зубцы. Цековками производят обработку бобышек под шайбы, упорные кольца, гайки (рис. 325, *д*).

Зенкерование выполняют на сверлильных станках. Крепление зенкеров ничем не отличается от крепления сверл.

При зенковании и зенкеровании необходимо соблюдать те же правила техники безопасности, что и при сверлении.

§ 107. РАЗВЕРТЫВАНИЕ ОТВЕРСТИЙ

Развертывание — это процесс чистовой обработки отверстий, обеспечивающий точность 2—3-го классов и чистоту (шероховатость) поверхности 7—8-го классов. Инструмент для развертывания — развертки.

Развертывание отверстий производится на сверлильных и токарных станках или вручную. Развертки, применяемые для ручного развертывания, называются ручными (рис. 326, *а*), а для ста-

ночного развертывания — машинными (рис. 326, *б*). Машинные развертки имеют более короткую рабочую часть.

По форме обрабатываемого отверстия развертки подразделяются на цилиндрические (см. рис. 326, *а*) и конические (рис. 326, *в*).

Ручные и машинные развертки состоят из трех основных частей: рабочей, шейки и хвостовика (рис. 327) (ГОСТ 7722—70).

Рабочая часть развертки l, на которой имеются расположенные по окружности зубья, в свою очередь, делится на режущую, или заборную часть, калибрующую цилиндрическую часть и обратный конус.

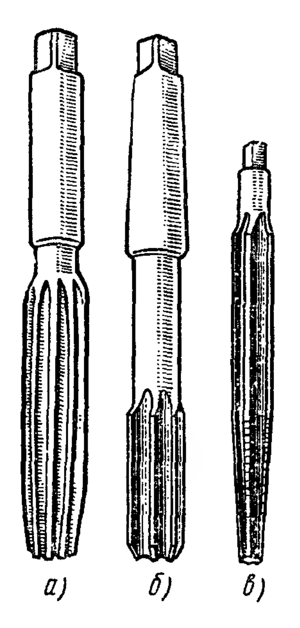


Рис. 326. Развертки:
а — ручная, *б* — машинная, *в* — коническая

Режущая, или заборная, часть l_1 на конце имеет направляющий конус (скос под углом 45°), назначение которого состоит в снятии припуска на развертывание и предохранении вершины режущих кромок от забоин при развертывании.

Режущие кромки заборной части образуют с осью развертки угол при вершине 2 φ (для ручных разверток 0,5—1,5°, а для машинных — 3—5°).

Калибрующая часть l_2 предназначена для калибрования отверстия и направления развертки во время работы. Каждый зуб калибрующей части вдоль рабочей части развертки заканчивается канавкой, благодаря которой образуются режущие кромки; кроме того, канавки служат для отвода стружки.

Обратный конус l_3 находится на калибрующей части ближе к хвостовику. Он служит для уменьшения трения развертки о поверхность отверстия и сохранения чистоты обрабатываемой поверхности при выходе развертки из отверстия.

Шейка развертки находится за обратным конусом и предназначена для выхода фрезы при фрезеровании (нарезании) на развертках зубьев, а также шлифовального круга при заточке.

Хвостовик ручных разверток имеет квадрат для воротка (см. рис. 326, *а*). Хвостовик машинных разверток диаметром до 10—12 *мм* выполняется цилиндрическим, более крупных разверток — коническим (рис. 326, *б*).

Центровые отверстия служат для установки развертки при ее изготовлении, а также при заточке и переточке зубьев.

Режущими элементами развертки являются зубья.

Геометрия зубьев развертки (рис. 328, *а*) определяется задним углом α (6—15°), большие значения берутся для разверток больших диаметров; углом заострения β, передним углом γ (для черновых разверток от 0 до 10°, для чистовых 0°).

Углы заострения β и резания δ определяются в зависимости от углов α и γ.

Развертки изготовляются с равномерным и неравномерным распределением зубьев по окружности. При ручном развертывании применяют зубья с неравномерным распределением зубьев по окружности, например у развертки, имеющей восемь зубьев, углы

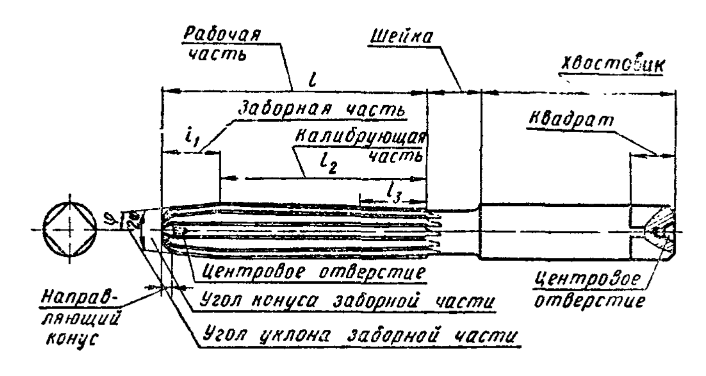


Рис. 327. Ручная развертка

между зубьями будут: 42, 44, 46 и 48° (рис. 328, *б*). Такое распределение обеспечивает получение в отверстии более чистой поверхности, а главное — ограничивает возможность образования так называемой огранки, т. е. получения отверстий не цилиндрической, а многогранной формы.

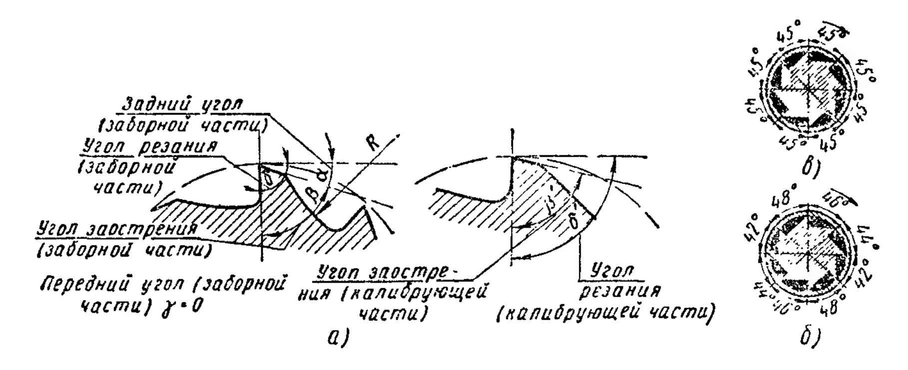


Рис. 328. Геометрия зубьев развертки:
а — элементы зубьев, *б* — развертка с неравномерным шагом, *в* — с равномерным шагом

Если бы шаг развертки был равномерным, то при каждом повороте воротком развертки зубья останавливались в одном и том же месте, что неизбежно привело бы к получению волнистости (граненой) поверхности.

Машинные развертки изготовляются с равномерным распределением зубьев по окружности (рис. 328, *в*). Число зубьев разверток четное: 6, 8, 10 и т. д. Чем больше зубьев, тем выше чистота обработки.

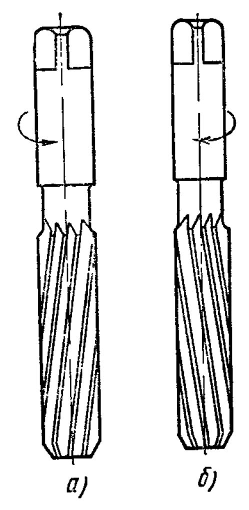


Рис. 329. Конструкции разверток:
а — правая, *б* — левая

Ручные и машинные развертки выполняются с прямыми (прямозубые) и винтовыми (спиральные) канавками. По направлениям винтовых канавок они делятся на правые (рис. 329, *а*) и левые (рис. 329, *б*).

При работе разверткой со спиральным зубом поверхность получается более чистая, чем при обработке с прямым зубом. Однако изготовление и особенно заточка разверток со спиральным зубом очень сложны, и поэтому такие развертки применяются только при развертывании отверстий, в которых имеются пазы или канавки.

Как конические, так и цилиндрические развертки изготовляются комплектами из двух или трех штук (рис. 330). В комплекте из двух штук одна развертка предварительная, а вторая чистовая. В комплекте из трех штук первая развертка черновая, или обдирочная, вторая промежуточная и третья чистовая, придающая отверстию окончательные размеры и требуемую чистоту.

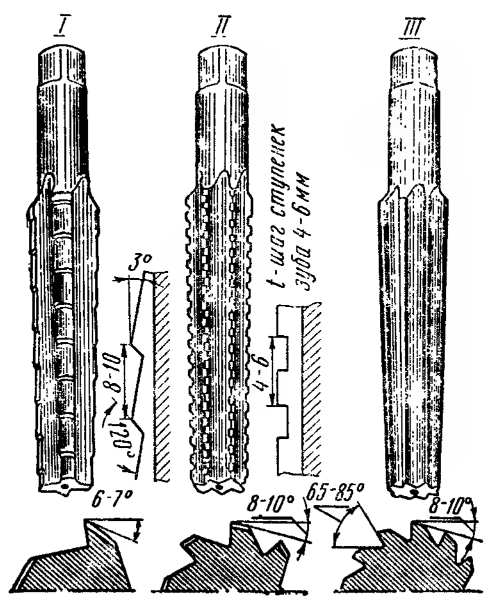


Рис. 330. Комплект ручных разверток

Конические развертки работают в более тяжелых условиях, чем цилиндрические, поэтому у конических разверток на прямолинейных зубьях делаются поперечные прорези для снятия стружки не всей длиной зуба, что значительно уменьшает усилия при резании. Причем, поскольку черновая развертка снимает большой припуск, ее делают ступенчатой, в виде отдельных зубьев, которые при работе дробят стружку на мелкие части. На промежуточной развертке, которая снимает значительно меньшую стружку, прорези делаются меньше и другого профиля.

Чистовая развертка никаких стружколомных канавок не имеет.

Ручные цилиндрические развертки применяются для развертывания отверстий диаметром от 3 до 50 *мм*. По степени точности они разделяются по номерам 1, 2 и 3.

Развертки машинные с цилиндрическим хвостовиком изготовляются по ГОСТ 16086—70 трех типов: I, II и III. Развертки применяются для обработки отверстий 2—3-го классов точности. Они изготовляются диаметром 3—50 *мм*. Развертки закрепляются в самоцентрирующих патронах станков.

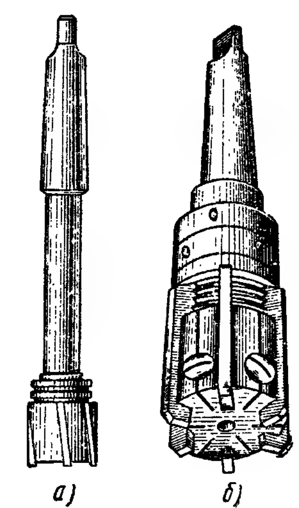


Рис. 331. Развертки машинные:
а — раздвижная, *б* — разжимная

Развертки машинные с коническим хвостовиком типа II изготовляются диаметром от 10 до 18 *мм* и более короткой рабочей частью. Эти развертки закрепляются непосредственно в шпинделе станка.

Развертки машинные насадные типа III изготовляются диаметром 25—36 *мм*. Этими развертками обрабатываются отверстия 1-го класса точности.

Развертки машинные с квадратной головкой изготовляются диаметром 10—32 *мм* и предназначены для обработки отверстий по 2-му классу точности, закрепляются в патронах, допускающих покачивание и самоцентрирование разверток в отверстиях.

Развертки со вставными ножами тип I (насадные) имеют то же назначение, что и предыдущие, и изготовляются диаметром 25—100 *мм*.

Развертки машинные, оснащенные пластинками из твердых сплавов Т15К6 (ГОСТ 11175—71), служат для обработки отверстий больших диаметров с высокой скоростью и большой точностью.

Кроме рассмотренных конструкций разверток, широко применяют и другие развертки, повышающие точность и качество обработки отверстий.

Раздвижные (регулируемые) развертки (рис. 331, *а*) применяются при развертывании отверстий диаметром от 24 до 80 *мм*. Они допускают увеличение диаметра на 0,25—0,5 *мм*.

Регулируемые развертки получили наибольшее распространение. Они состоят из корпуса, который служит довольно долго, и изготовляются из сравнительно недорогих конструкционных сталей и вставных ножей простой формы. Ножи делают из тонких пластинок, на них расходуется небольшое количество дорогостоящего металла. Их можно переставлять или раздвигать на больший диаметр, регулируя или затачивая до нужного размера. Когда

ножи стачиваются и уже не обеспечивают надежного крепления, их заменяют новыми.

Для развертывания сквозных отверстий широко применяются **разжимные развертки** (рис. 331, *б*), ножи в которых крепятся или винтами, или в точно пригнанных пазах прижимаются ко дну паза конусными выточками концевых гаек, или же винтами, разжимающими корпус.

При работе разверткой на станке часто бывают случаи, когда при жестко закрепленной развертке ось ее не совпадает с осью обрабатываемого отверстия, и поэтому развернутое отверстие получается неправильной формы. Это происходит при неисправном станке: ось вращения шпинделя не совпадает с осью отверстия (биение шпинделя).

Для повышения качества обработки и во избежание брака при развертывании отверстий применяют качающиеся оправки (рис. 332).

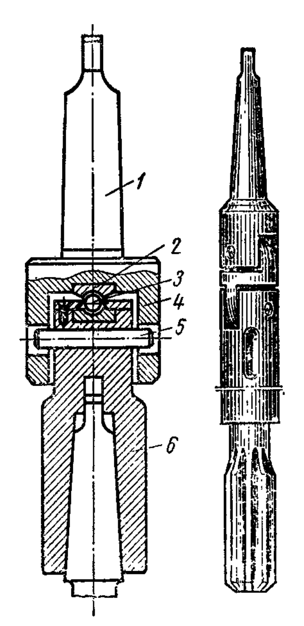


Рис. 332. Качающаяся оправка:

1 — хвостовик, *2* — подпятник, *3* — шарик, *4* — корпус, *5* — штифт, *6* — оправка

Качающаяся оправка закрепляется в шпинделе станка коническим хвостовиком *1*. В отверстии корпуса *4* крепится штифтом *5* с зазором качающаяся часть оправки *6*, которая упирается шариком *3* в подпятник *2*. Благодаря такому устройству качающаяся оправка с разверткой может легко принимать положение, совпадающее с осью развертываемого отверстия.



Рис. 333. Комбинированные инструменты:

а — сверло-развертка, *б* — зенкер-развертка, *в* — сверло-зенковка

Для получения высокой точности отверстия применяют плавающие развертки, представляющие собой пластины, вставленные в точно обработанные пазы цилиндрической оправки. Наружные ребра пластины заточены так же, как и у зуба развертки. Для обеспечения регулирования пластины делают составными. При работе плавающими развертками не нужна точная соосность обрабатываемого отверстия и шпинделя станка и, кроме того, точное отверстие получается даже при биении шпинделя, так как пластина своими ленточками центрируется по стенкам отверстия, перемещаясь в пазу оправки в поперечном направлении. Применение рациональной конструкции разверток не только обеспечивает высокое качество работы, но и значительно повышает производительность труда.

На некоторых машиностроительных заводах при развертывании конических отверстий на конусную часть развертки ставят ограничивающее стопорное кольцо, что исключает затрату времени на измерение.

Для уменьшения нагрузки на развертку в процессе работы увеличивают длину ее заборной части в два раза. Это позволяет отказаться от применения второй развертки и повысить производительность и точность обработки.

Широко применяют комбинированный инструмент для одновременного сверления и зенкования отверстия (рис. 333, *а, б, в*).

Сверло-зенкер, сверло-зенковка, сверло-развертка, зенкер-развертка позволяют совместить две операции и получить отверстие заданной формы, точности и чистоты.

§ 108. ТЕХНИКА РАЗВЕРТЫВАНИЯ

Развертыванию всегда предшествует сверление или зенкерование отверстий. Размер сверла или зенкера, которым отверстие обрабатывалось перед развертыванием, выбирают с таким расчетом, чтобы на черновое развертывание оставался припуск 0,25—0,50 *мм* и на чистовое 0.05—0,015 *мм*. Глубина резания определяется толщиной срезаемого слоя, составляющей здесь половину припуска на диаметр. Элементы резания при развертывании показаны на рис. 334.

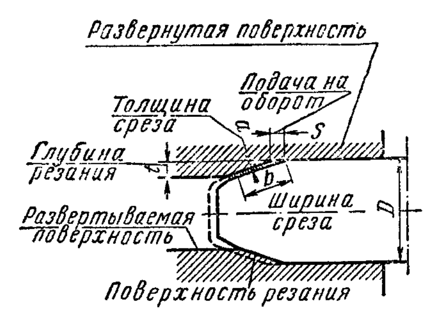


Рис. 334. Элементы резания при развертывании

Величина подачи и скорости резания при развертывании оказывает существенное влияние на шероховатость поверхности отверстия. Чем выше требования к чистоте поверхности, тем меньше должны быть скорости резания и подачи. При этом нужно иметь в виду, что для отверстий диаметром не более 25 *мм* оставляют припуск под черновое развертывание 0,1—0,15 *мм*, под чистовое 0,05—0,02 *мм*. Отверстия диаметром меньше 25 *мм* следует обрабатывать сначала черновой разверткой, затем чистовой. Отверстия диаметром свыше 25 *мм* обрабатываются предварительно зенкером, затем черновой и чистовой развертками.

Для развертывания деталь надежно закрепляют в тисках. Крупные детали не закрепляют. Значительное влияние на чистоту и точность развертываемого отверстия оказывает смазка и охлаждение. При отсутствии охлаждения и смазки происходит разбивка отверстия: оно получается неровным, шероховатым и, кроме того, возникает опасность защемления и поломки развертки. Поэтому при развертывании стальных деталей развертку смазывают мине-

ральным маслом, медных — эмульсией с маслом, алюминиевых — скипидаром с керосином, дюралюминиевых — сурепным маслом. Отверстия в деталях из бронзы и чугуна развертывают всухую.

Ручное развертывание. Приступая к развертыванию, прежде всего следует:

выбрать соответствующую конструкцию и размер развертки, затем убедиться, что выкрошенных зубьев или забоин на режущих кромках нет;

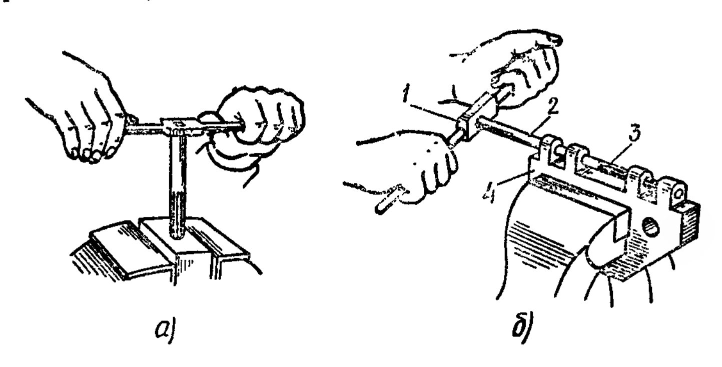


Рис. 335. Развертывание:
а — установка развертки и воротка, *б* — развертка с удлинителем; *1* — вороток, *2* — удлинитель, *3* — развертка, *4* — деталь

проверить величину оставленного припуска на развертывание, который не должен быть больше установленного, так как в противном случае развертка быстро затупится и могут выкрошиться зубья;

осторожно установить в отверстие развертку и проверить ее положение по угольнику 90°. Убедившись в перпендикулярности оси развертки к оси обрабатываемого отверстия, на квадрат хвостовика развертки установить вороток (рис. 335, *а*);

для развертывания отверстий в труднодоступных местах детали *4* применять специальные удлинители *2* (рис. 335, *б*), надевающиеся на квадрат хвостовика развертки *3*, а на квадрат хвостовика удлинителя устанавливать вороток *1*.

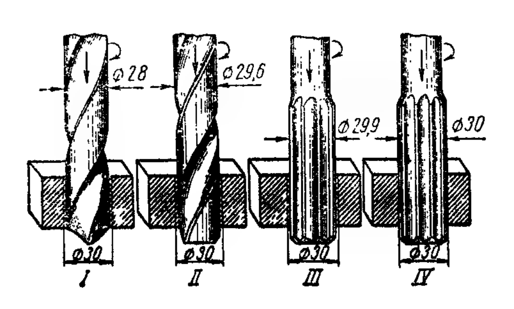


Рис. 336. Последовательность обработки отверстия:
I — сверление, *II* — зенкерование, *III* — черновое развертывание, *IV* — чистовое развертывание

На рис. 336 показана последовательность обработки отверстия диаметром 30 *мм* в стальной детали по 2-му классу точности:

I — сверление отверстия диаметром 28 *мм*;

II — зенкерование зенкером диаметром 29,6 *мм*;

III — развертывание черновой разверткой диаметром 29,9 *мм*;

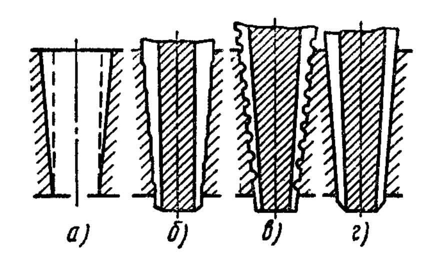


Рис. 337. Обработка конических отверстий:

а — деталь с коническим отверстием, *б* — обработка отверстия ступенчатым зенкером, *в* — развертывание разверткой со стружколомными канавками, *г* — развертывание конической разверткой с гладкими режущими лезвиями

IV — развертывание чистовой разверткой диаметром 30 *А*.

Обработка конических отверстий. При обработке конических отверстий с большой конусностью (рис. 337, *а*) применяют комплект из трех инструментов. Вначале обрабатывают отверстие ступенчатым зенкером (рис. 337, *б*), затем применяют развертку со стружколомными канавками (рис. 337, *в*) и далее коническую развертку с гладкими режущими лезвиями (рис. 337, *г*).

Машинное развертывание производится так же, как и сверление, т. е. развертка жестко закрепляется с помощью патрона или переходных втулок в конусе шпинделя станка. При этом наряду с прочным закреплением развертки следует обеспечить совпадение осей шпинделя и развертки.

В табл. 4 указан брак при развертывании и способы его устранения.

Таблица 4

Брак при развертывании и способы его устранения

Брак	Причина	Способ устранения
Не выдержан размер отверстия	Неправильно выбран диаметр развертки	Заменить развертку
	Биение развертки	Применить качающуюся оправку
Нечистая поверхность отверстия	Недостаточен припуск под развертывание	Увеличить припуск
	Грубая обработка отверстия под развертывание	Улучшить поверхность отверстия под развертывание
Следы дробления на поверхности	Вращение развертки рывками	Плавно, равномерно вращать развертку
	Увеличенный припуск	Уменьшить припуск
	Неправильно заточена развертка	Заменить развертку
	Неправильно закреплена развертка	Правильно закрепить развертку
Надиры на поверхности	Вращение развертки в разные стороны	Вращать развертку только в правую сторону
	Затупленная развертка	Заточить развертку
	Большой припуск	Уменьшить припуск
	Неправильно выбрана охлаждающая жидкость, ее количество мало	Заменить жидкость или увеличить ее количество

Правила техники безопасности при развертывании, при зенкеровании и зенковании те же, что и при сверлении.

Вопросы для самопроверки

1. Какие наиболее важные для процесса резания углы имеются на режущей части спирального сверла?
2. Какие приспособления используют для закрепления сверла в шпиндель сверлильного станка?
3. Как выбирают углы заточки сверла в зависимости от обрабатываемого металла?
4. Назначение, виды и конструктивные особенности разверток.
5. Как сверлят отверстия глухие, неполные и под углом?
6. Почему при обратном вращении развертки может произойти поломка зуба?

Глава XXV

НАРЕЗАНИЕ РЕЗЬБЫ

§ 109. ПОНЯТИЕ О РЕЗЬБЕ. ОБРАЗОВАНИЕ ВИНТОВОЙ ЛИНИИ

Наиболее распространенными соединениями деталей машин являются резьбовые. Широкое применение резьбовых соединений в машинах, механизмах объясняется простотой и надежностью этого вида креплений, удобством регулирования затяжки, а также возможностью разборки и повторной сборки без замены детали.

Резьба бывает двух видов: наружная и внутренняя. Стержень с наружной резьбой называется винтом (рис. 338), деталь с внутренней резьбой — гайкой.

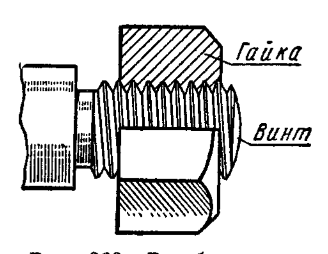


Рис. 338. Резьбовое соединение

Эти виды резьбы изготовляются на станках и ручным способом. Ниже рассматривается изготовление резьб ручным способом.

Винтовую линию можно представить себе следующим образом. Возьмем цилиндрический стержень диаметром D и вырезанный из бумаги прямоугольный треугольник ABC, сторона которого AB равна длине окружности цилиндра πD, т. е. $3{,}14D$ (рис. 339). Обернем треугольник ABC вокруг цилиндра так, чтобы сторона AB совместилась с окружностью нижнего основания цилиндра, тогда другая сторона треугольника BC расположится по образующей, а гипотенуза AC образует на поверхности цилиндра винтовую линию. При этом сторона треугольника BC составит шаг винтовой линии, AC — длину одного витка, а угол CAB — угол подъема винтовой линии.

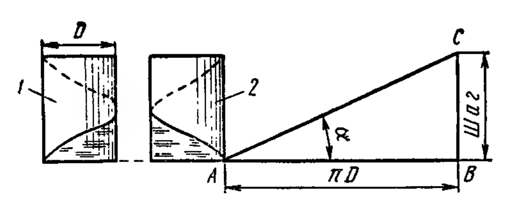


Рис. 339. Образование винтовой линии: ABC — бумажный треугольник: 1 — цилиндр с правой винтовой линией, 2 — цилиндр с левой винтовой линией

Если обертывание

треугольником цилиндра производится слева направо, то образованную при этом винтовую линию называют правой, а если справа налево — то левой.

§ 110. ЭЛЕМЕНТЫ РЕЗЬБЫ

У всякой резьбы различают следующие основные элементы: профиль, угол профиля, шаг, высоту профиля, основание резьбы, глубину, наружный, средний и внутренний диаметры (рис. 340).

Рис. 340. Элементы резьбы:
1 — наружный диаметр, *2* — средний диаметр, *3* — внутренний диаметр, *4* — линия среднего диаметра (шага), *5* — рабочая глубина резьбы, *6* — глубина резьбы, *7* — длина свинчивания, *8* — гайка, *9* — половина угла резьбы, *10* — угол резьбы, *11* — шаг, *12* — толщина резьбы, *13* — впадина, *14* — вершина, *15* — рабочая поверхность, *16* — ширина резьбы у впадины, *17* — угол подъема резьбы, *18* — ось винта, *19* — винт

П р о ф и л е м р е з ь б ы называются очертания впадин и выступов (в продольном сечении).

Н и т к о й (витком) называется часть резьбы, образуемая при одном полном обороте профиля.

У г л о м п р о ф и л я р е з ь б ы называется угол, заключенный между боковыми сторонами профиля резьбы, измеряемый в плоскости, проходящей через ось болта.

Шагом резьбы S называется расстояние (*мм*) между вершинами двух соседних витков, измеряемое параллельно оси. У треугольной резьбы шагом является расстояние между вершинами двух витков.

В п а д и н а п р о ф и л я — участок профиля, соединяющий боковые стороны канавки.

В ы с о т а и с х о д н о г о п р о ф и л я — высота остроугольного профиля, полученного путем продолжения боковых сторон профиля до их пересечения.

Р а б о ч а я в ы с о т а п р о ф и л я — высота соприкосновения сторон профиля наружной и внутренней резьбы в направлении, перпендикулярном к оси резьбы.

Н а р у ж н ы м д и а м е т р о м d резьбы называется наибольший диаметр, измеряемый по вершине резьбы — перпендикулярно оси.

С р е д н и м д и а м е т р о м d_2 называется расстояние между двумя линиями, проведенными посредине профиля резьбы между дном впадины и вершиной нитки параллельно оси винта.

Внутренним диаметром резьбы d_1 называется наименьшее расстояние между противоположными основаниями резьбы, измеренное в направлении, перпендикулярном оси болта.

§ 111. ПРОФИЛИ РЕЗЬБ

Профиль резьбы зависит от формы режущей части инструмента, при помощи которого нарезается резьба. Чаще всего применяется цилиндрическая треугольная резьба (ГОСТ 11708—66) (рис. 341, *а*), обычно ее называют крепежной; такую резьбу нарезают на крепежных деталях, например на шпильках, болтах и гайках.

Помимо цилиндрических, треугольных резьб, бывают конические треугольные, которые дают возможность получить плотное соединение; такие резьбы встречаются на конических пробках, в арматуре, иногда в масленках.

Прямоугольная резьба (рис. 341, *б*) имеет прямоугольный профиль (квадратный). Она не стандартизована, трудна в изготовлении, непрочная и применяется редко.

Трапецеидальная резьба ленточная (ГОСТ 9484—60) (рис. 341, *в*) имеет сечение в форме трапеции с углом профиля 30°. У нее малый коэффициент трения, а потому применяется эта резьба для передачи движения или больших усилий: в металлорежущих станках (ходовые винты), домкратах, прессах и т. п. Витки этой резьбы имеют наибольшее сечение у основания, что

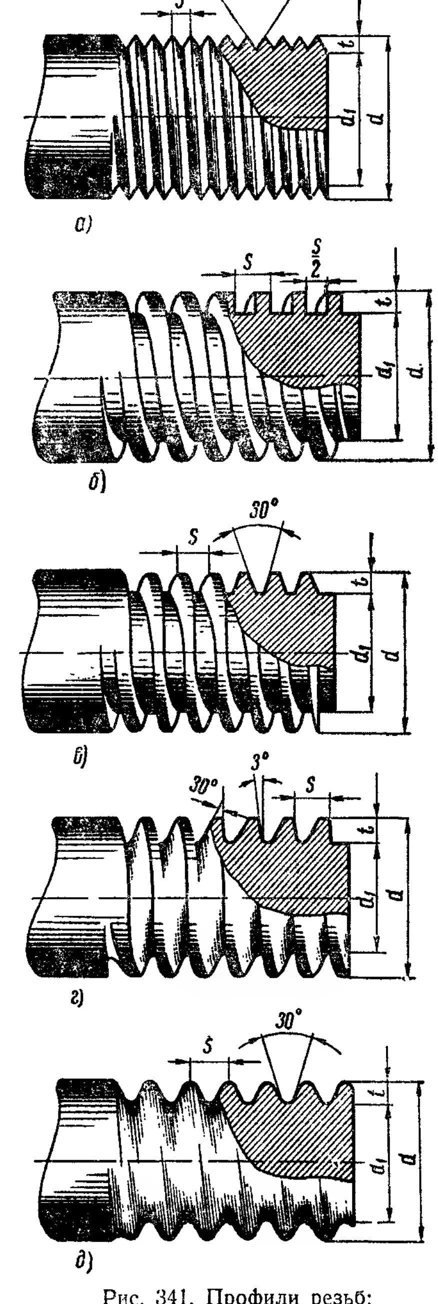


Рис. 341. Профили резьб:
а — цилиндрическая треугольная, *б* — прямоугольная, *в* — трапецеидальная, *г* — упорная, *д* — круглая

обеспечивает высокую прочность ее и удобство при нарезании. Основные элементы трапецеидальной резьбы стандартизованы.

Упорная резьба (ГОСТ 10177—62) (рис. 341, *г*) имеет профиль в виде неравнобокой трапеции с рабочим углом при вершине 30°. Основания витков закруглены, что обеспечивает в опасном сечении прочный профиль. Поэтому данная резьба применяется в тех случаях, когда винт должен передавать большое одностороннее усилие (в винтовых прессах, домкратах и т. п.).

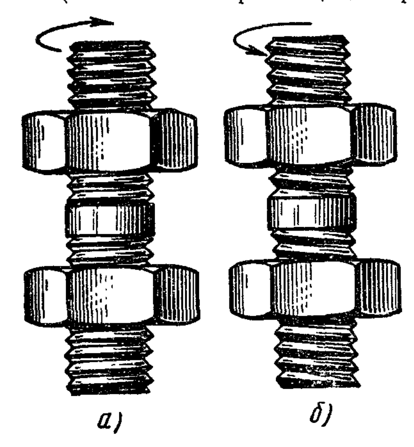


Рис. 342. Резьбы по направлению винтовой линии:
а — правая, *б* — левая

По ГОСТу все упорные резьбы делятся на упорную крупную резьбу диаметрами 22—400 *мм* и шагами 8—48 *мм*, упорную нормальную диаметрами 22—300 *мм* и шагами 5—24 *мм* и упорную мелкую резьбу диаметрами 10—650 *мм* и шагами 2—24 *мм*.

Круглая резьба (рис. 341, *д*) имеет профиль, образованный двумя дугами, сопряженными с небольшими прямолинейными участками, и углом 30°; в машиностроении используется редко. Применяется в соединениях, подвергающихся сильному износу, в загрязненной среде (арматура пожарных трубопроводов, вагонные стяжки, крюки грузоподъемных машин и т. п.). Эта резьба не стандартизована.

Резьбы бывают правые и левые. У правых резьб (рис. 342, *а*) винтовая линия поднимается слева направо (по часовой стрелке), а у левых (рис. 342, *б*) — справа налево (против часовой стрелки).

В машиностроении применяются чаще всего правые резьбы.

Кроме этого, резьбы бывают однозаходные (одноходовые) и многозаходные (многоходовые) (рис. 343, *а*—*г*).

У однозаходной (одноходовой) резьбы на торце винта или гайки виден только один конец витка, а у многозаходных (многоходовых) — два, три и больше витков.

Однозаходные резьбы имеют малые углы подъема винтовой линии и большое трение (малый к. п. д.). Они применяются там, где требуется надежное соединение — для крепежных резьб.

У многозаходных резьб по сравнению с однозаходными угол подъема винтовой линии значительно больше. Такие резьбы применяются в тех случаях, когда необходимо быстрое перемещение по резьбе при наименьшем трении, при этом за один оборот винта (или гайки) гайка (или винт) переместится на величину хода винтовой линии. Многозаходные резьбы используются в механиз-

мах, служащих для передачи движения. Ход резьбы равен шагу, умноженному на число заходов. В однозаходной резьбе ход резьбы равен шагу.

§ 112. СИСТЕМЫ РЕЗЬБ

В машиностроении в основном применяются три системы резьб: метрическая, дюймовая и трубная.

Метрическая резьба (ГОСТ 9150—59) (рис. 344, *а*) имеет треугольный профиль и характеризуется следующими элементами: угол профиля у нее 60° (см. рис. 341, *а*), диаметры и шаг резьбы выражаются в метрической системе мер — миллиметрах, профиль резьбы плоскосрезанный. Все метрические резьбы делятся на резьбы с крупным шагом (для диаметров 1—68 *мм*) и резьбы с мелким шагом (диаметры 1—600 *мм*). Шаг резьбы 0,25—6 *мм*.

Резьбы с крупным шагом применяются в тех случаях, когда на соединение действуют значительные нагрузки.

При небольших нагрузках применяются резьбы с мелким шагом. Эти резьбы имеют меньшую высоту витков, следовательно, их легче нарезать и они меньше ослабляют сечение болта.

Метрические резьбы с крупным шагом обозначают так: М64 кл. 1, М64 кл. 3, где М указывает, что резьба метрическая, цифра 64 — диаметр резьбы, кл. 3 — 3-й класс точности. Для резьб с мелким шагом после указания диаметра ставится знак умножения (×), затем ставят цифру, обозначающую шаг резьбы, и указывают класс точности, например М64×3 кл. 2.

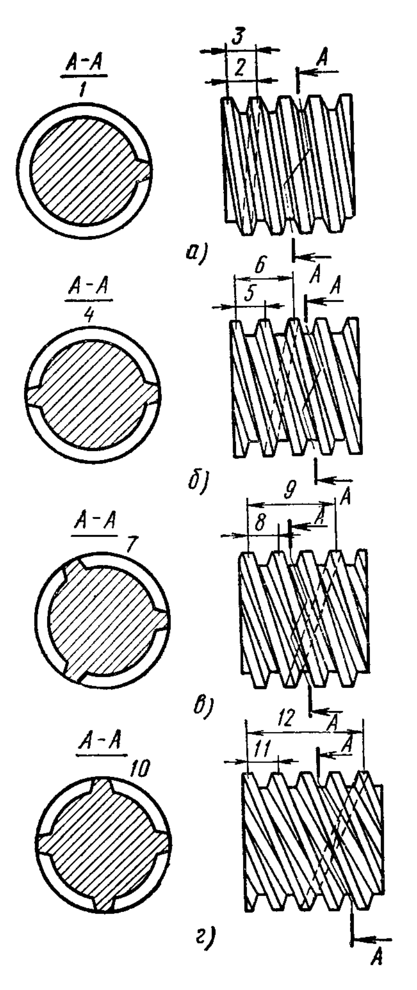
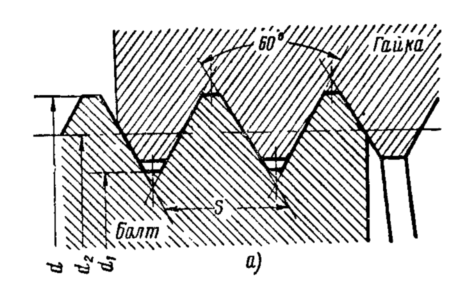
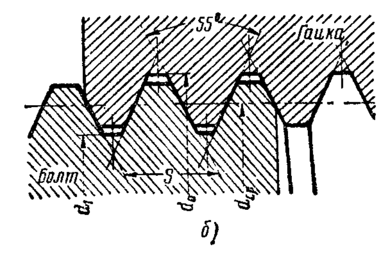


Рис. 343. Резьбы с разным числом заходов (ходов):

а — одноходовая, у которой ход и шаг равны, *б* — двухходовая (ход в два раза больше шага), *в* — трехходовая (ход в три раза больше шага), *г* — четырехходовая (ход в четыре раза больше шага); *1* — один ход в сечении *А — А*, *2* — шаг, *3* — ход, *4* — два хода в сечении *А — А*. *5* — шаг, *6* — ход, *7* — три захода в сечении *А — А*, *8* — шаг, *9* — ход, *10* — четыре захода в сечении *А — А*, *11* — шаг, *12* — ход

Дюймовая резьба (ОСТ НКТП—1260) (рис. 344, *б*) имеет угол профиля 55°; наружный диаметр измеряют в дюймах, а шаг — числом витков (ниток), приходящихся на 1 дюйм. Один дюйм обозначается 1″ и равен приблизительно 25,4 *мм*. ОСТ предусматри-





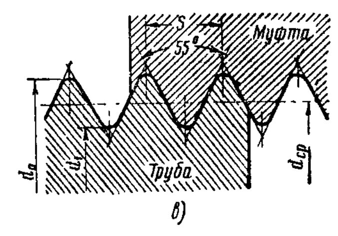


Рис. 344. Системы резьб:
а — метрическая, *б* — дюймовая, *в* — трубная

вает эти резьбы диаметром от 3/16 до 4″ и числом ниток 24—3 на 1″. Например, дюймовая резьба диаметром полтора дюйма обозначается так: $1^1/_2$″ (шаг — 6 ниток на 1″).

Дюймовая резьба применяется преимущественно в старых машинах, а также в машинах некоторых иностранных фирм и не применяется при проектировании новых изделий.

Трубная резьба (ГОСТ 6357—52) (рис. 344, *в*) измеряется также в дюймах и характеризуется числом ниток резьбы, приходящихся на 1″. Угол профиля у нее равен 55°.

У трубной резьбы за диаметр условно принимается диаметр отверстия трубы, на наружной поверхности которой нарезается резьба. Вершины резьбы у винта и гайки с трубной резьбой выполняются с плоскими или закругленными срезами. Плоскосрезанный профиль более прост в изготовлении и применяется для резьб обычных трубных соединений. Обозначение *труб 2″ кл. 2* указывает, что данная резьба выполнена на трубе, внутренний диаметр которой равен 2″ 2-го класса точности. Трубная резьба применяется для соединения труб, работающих под давлением, и обеспечивает достаточную герметичность соединения.

Трубная резьба по ГОСТ 6357—52 выполняется диаметрами от $^1/_8$ до 6″ и с числом ниток на 1″ от 28 до 11.

§ 113. ИНСТРУМЕНТЫ ДЛЯ НАРЕЗАНИЯ РЕЗЬБЫ

Резьбы на деталях получают нарезанием на сверлильных, резьбонарезных и токарных станках, а также и накатыванием, т. е. методом пластических деформаций. Инструментом для накатывания резьбы служат накатные плашки, накатные ролики и накатные головки.

Внутреннюю резьбу нарезают метчиками, наружную — плашками, прогонками и другими инструментами.

Метчики по назначению делятся на ручные, машинно-ручные и машинные; в зависимости от профиля нарезаемой

резьбы — на три типа: для метрической, дюймовой и трубной резьб; по конструкции — на цельные, сборные (регулируемые и самовыключающиеся) и специальные.

Метчик (рис. 345, *а*) (ГОСТ 17039—71) состоит из двух основных частей: рабочей и хвостовой.

Рабочая часть представляет собой винт с несколькими продольными прямыми или винтовыми канавками. В метчиках для вязких металлов на заборной части имеется скос 6—10° в направлении, обратном направлению резьбы: при правой резьбе скос левый, при левой правый скос. Рабочая часть метчика служит для нарезания резьбы. Метчики с винтовыми канавками применяются для нарезания точных резьб.

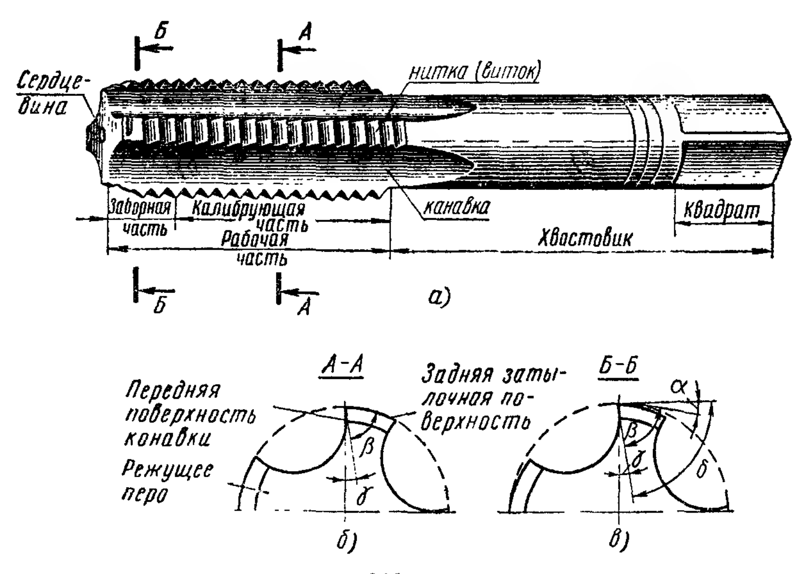


Рис. 345. Метчик:
а — конструкция, *б* — элементы, *в* — главные углы

Рабочая часть метчика состоит из заборной и калибрующей частей.

Заборная (или режущая) часть обычно делается в виде конуса, она производит основную работу при нарезании резьбы.

Калибрующая (направляющая) часть — резьбовая часть метчика, смежная с заборной частью. Она направляет метчик в отверстие и калибрует нарезаемое отверстие.

Хвостовик — стержень служит для закрепления метчика в патроне или удержания его в воротке (при наличии квадрата) во время работы.

Канавки представляют собой углубления между режущими зубьями (перьями), получающимися путем удаления части металла. Эти канавки служат для образования режущих кромок и помещения стружки при нарезании резьбы. Профиль канавки образуется

передней поверхностью, по которой сходит стружка, и задней поверхностью, служащей для уменьшения трения перьев метчика о стенки нарезаемого отверстия.

Резьбовые части метчика, ограниченные канавками, называются режущими перьями (рис. 345, *б*).

Главными углами режущих перьев метчика (рис. 345, *в*) являются: передний γ, задний α, угол заострения β и угол резания δ. Эти углы у заборной и калибрующей частей разные.

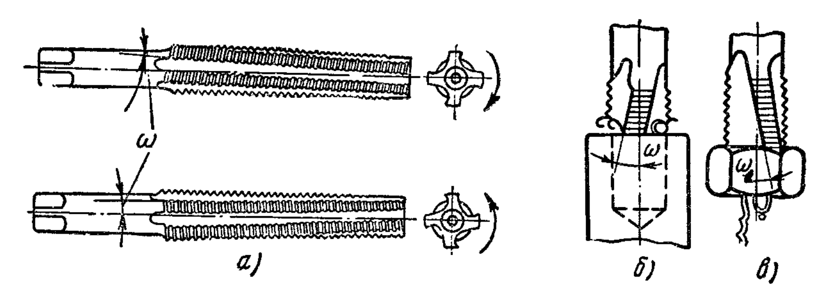


Рис. 346. Метчики с винтовыми канавками:
а — общий вид, *б* — с правой винтовой канавкой (с левой резьбой), *в* — с левой винтовой канавкой (с правой резьбой)

Режущими кромками метчика называются кромки на режущих перьях метчика, образованные пересечением передних поверхностей канавки с затылочными поверхностями рабочей части.

Сердцевина — это внутренняя часть тела метчика, измеряемая по диаметру окружности, касательной ко дну канавок метчика.

Канавки у метчиков обычно делаются прямые, так как они проще в изготовлении. Однако для улучшения условий резания и получения точных резьб применяются метчики не с прямыми, а с винтовыми канавками (рис. 346, *а*). Угол наклона ω винтовой канавки этих метчиков составляет 8—15°. Для нарезания глухих отверстий наклон этих канавок делают правый (рис. 346, *б*), чтобы стружка легко выходила вверх, для нарезания сквозных отверстий наклон делают левый (рис. 346, *в*), чтобы стружка выходила вниз.

Метчики диаметром до 22 *мм* обычно изготовляются с тремя, а диаметром от 22 до 52 *мм* — с четырьмя канавками. Специальные метчики на калибрующей части канавок не имеют.

Ручные метчики для метрической и дюймовой резьб стандартизованы и изготовляются комплектом из двух штук для резьбы с шагом до 3 *мм* включительно (для основной метрической резьбы диаметром от 1 до 52 *мм* и для дюймовой резьбы диаметром от $^1/_4$ до 1″) и комплектом из трех метчиков для резьбы с шагом свыше 3 *мм* (для метрической резьбы от 30 до 52 *мм* и для дюймовой резьбы диаметром от $1^1/_8$ до 2″).

В комплект, состоящий из трех метчиков, входит черновой, средний и чистовой метчики (рис. 347, *а, б, в*), или *I, II, III*. Все метчики комплекта имеют разный диаметр.

Первый (черновой) метчик нарезает черновую резьбу, снимая при этом до 60% металла; второй (средний) метчик дает уже более точную резьбу, снимая до 30% металла; третий (чистовой) метчик снимает до 10% металла, имеет полный профиль резьбы и используется для окончательного, точного нарезания резьбы и ее

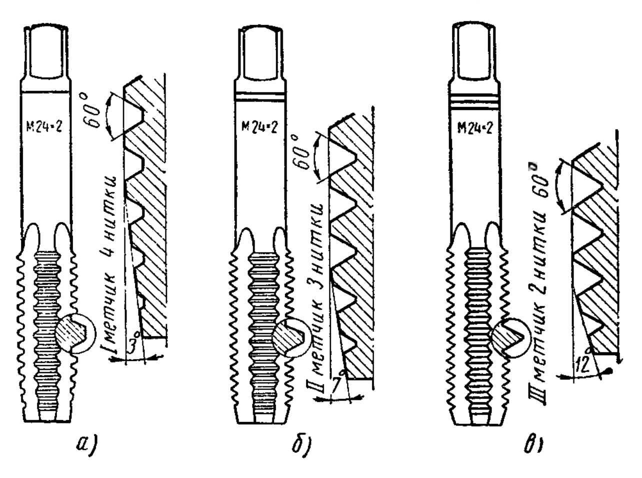


Рис. 347. Комплект метчиков:
а — черновой, *б* — средний, *в* — чистовой

калибровки. Чтобы определить, какой метчик является черновым, какой средним, а какой чистовым, на хвостовой части делают соответственно одну, две или три круговые риски (кольца) или же ставят соответствующий номер. На хвостовой части проставляют размер резьбы, для нарезания которой предназначен этот метчик.

Комплект ручных метчиков из двух штук изготовляют путем удлинения заборного конуса и некоторого увеличения диаметра первого метчика.

По конструкции режущей части метчики бывают цилиндрические и конические.

При цилиндрической конструкции метчиков все три инструмента комплекта имеют разные диаметры. У чистового метчика полный профиль резьбы, диаметр среднего метчика меньше нормального на 0,6 глубины нарезки, а диаметр чернового метчика меньше диаметра резьбы на полную глубину нарезки. У чернового метчика длина заборной части равна 6—7 ниткам, у среднего — 3—3,5 и у чистового — 1,5—2 ниткам.

При конической конструкции метчиков все три инструмента комплекта имеют одинаковый диаметр и полный профиль резьбы с различной длиной заборных частей. Резьба в пределах заборной части делается конической и дополнительно срезается по вершинам зубьев на конус.

В конических метчиках заборная часть равна: у чернового метчика — всей длине рабочей части, у среднего — половине этой длины, у чистового — двум ниткам.

Конические метчики применяются обычно для нарезания сквозных отверстий. Глухие отверстия нарезаются цилиндрическими метчиками.

Машинно-ручные метчики применяются для нарезания метрической, дюймовой и трубной цилиндрической и конической резьб.

Машинно-ручные метчики служат для нарезания резьбы в сквозных и глухих отверстиях всех размеров машинным способом и вручную резьб с шагом до 3 *мм* включительно. Метчики этого типа

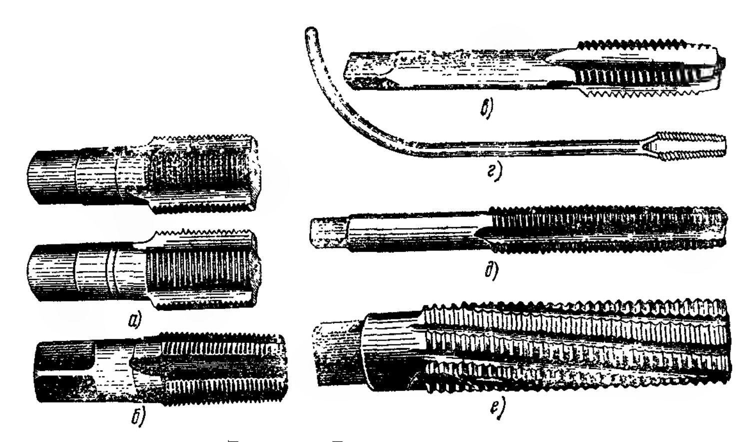


Рис. 348. Виды метчиков:

а — цилиндрический, *б* — конический, *в* — гаечный, *г* — гаечный с отогнутым хвостовиком, *д* — плашечный, *е* — маточный

изготавливаются двух видов: одинарные для сквозных и глухих отверстий и комплектные (2 шт.): черновой и чистовой.

Машинные метчики применяются для нарезания на станках сквозных и глухих отверстий. Они бывают цилиндрические (рис. 348, *а*) и конические (рис. 348, *б*).

Гаечные метчики (рис. 348, *в*) (ГОСТ 1604—71) служат для нарезания метрической резьбы в гайках за один проход вручную или на сверлильных и резьбонарезных станках. Они выполняются однокомплектными, имеют длинную режущую часть (12 витков). Хвостовик у них также длинный, что дает возможность нанизывать на него гайки при нарезании (ГОСТ 6951—71).

Изготовляются также гаечные метчики с изогнутым хвостовиком (рис. 348, *г*), закрепляемые в специальных патронах на гайконарезных автоматах. Они дают возможность гайкам автоматически сбрасываться по мере нарезания.

Плашечные метчики (рис. 348, *д*) отличаются от гаечных наличием большого заборного конуса и предназначаются для предварительного нарезания резьбы в плашках за один проход.

Маточные метчики (рис. 348, *е*) применяют для зачистки резьбы в плашках после нарезания плашечным метчиком, а также

для зачистки резьбы в плашках, находящихся в работе. В маточных метчиках канавки делают с правой спиралью.

Специальные метчики составляют большую группу, в которую входят ненормализованные конструкции метчиков: бесканавочные, комбинированные, метчик-сверло, с винтовыми канавками, метчик-протяжка.

Метчики бесканавочные (рис. 349, *а*) применяются для нарезания сквозных резьб диаметром до 10—12 *мм*.

Длина заборной части метчика такая же, как и у обычных машинных. Длина канавки (с выходом) на 3—5 ниток больше длины заборной части. Бесканавочные метчики гораздо прочнее обычных. Благодаря длинной резьбовой части, метчик можно перетачивать несколько раз. Высокая производительность труда при нарезании резьбы является главным достоинством бесканавочных метчиков. Для нарезания резьбы в глухих отверстиях эти метчики не пригодны.

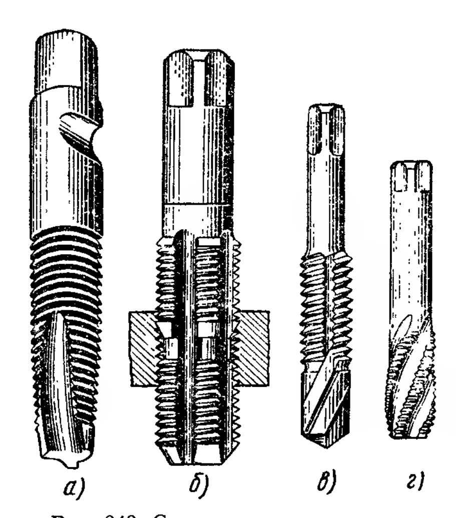


Рис. 349. Специальные метчики:
а — бесканавочный, *б* — комбинированный, *в* — метчик-сверло, *г* — с винтовыми канавками

Комбинированные метчики состоят из двух частей, разделенных шейкой (рис. 349, *б*).

Первая часть служит для предварительного нарезания резьбы, а вторая — для окончательного (чистового) нарезания резьбы. Комбинированный инструмент — метчик-сверло (рис. 349, *в*) позволяет совместить сверление и нарезание резьбы в одну операцию, что значительно повышает производительность. Применение сверла-метчика возможно при нарезании сквозных отверстий без принудительной подачи при условии, что метчик вступает в работу после выхода вершины сверла из отверстия. В противном случае сверло вынуждено работать с подачей, равной шагу нарезаемой резьбы.

Применяют и другие комбинированные инструменты: метчик-развертку, зенкер-развертку-метчик и др.

Замена нескольких инструментов одним комбинированным позволяет значительно сократить вспомогательное время, затрачиваемое на смену инструмента.

Метчики с винтовыми канавками (рис. 349, *г*) имеют угол наклона канавки 35°, что обеспечивает свободный выход стружки по спирали и исключает возможность срыва резьбы. Метчиком можно нарезать резьбу на высоких скоростях. Один метчик с винтовой канавкой равноценен комплекту обычных метчиков.

Применение этих метчиков для обработки деталей из чугуна, латуни, нержавеющей стали и других материалов позволило повысить производительность труда в три раза по сравнению с применением обыкновенных.

Метчики изготовляются из инструментальной стали У8, У12 и Р18.

Воротки. Метчики при нарезании резьбы вручную вращают при помощи воротков, устанавливаемых на квадраты хвостовиков.

Нерегулируемые воротки могут иметь одно или три отверстия (рис. 350, *а*) и регулируемое отверстие (рис. 530, *б*).

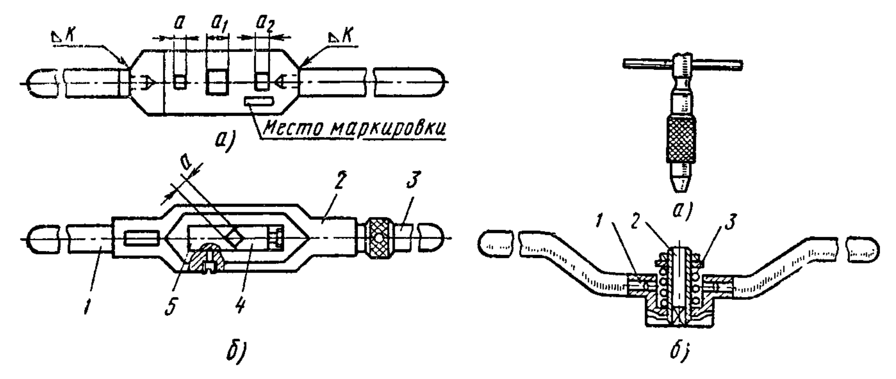


Рис. 350. Воротки:
а — нерегулируемый, *б* — с регулируемым отверстием; *1* — рукоятка, *2* — рамка, *3* — подвижная рукоятка, *4, 5* — сухари подвижные

Рис. 351. Торцовый (*а*) и тарированный (*б*) воротки:
1 — корпус, *2* — втулка, *3* — пружина

Кроме этих применяются воротки торцовые (рис. 351, *а*) для вращения воротков при нарезании резьбы в труднодоступных местах.

Тарированные воротки (рис. 351, *б*) применяются для нарезания резьбы в глубоких и глухих отверстиях. Они состоят из корпуса *1*, втулки *2* и пружины *3*. Корпус и втулка имеют сцепляющиеся косые кулачки, которые при превышении усилия, передаваемого рукой работающего, выходят из зацепления, в результате чего втулка с метчиком не будет вращаться и тем самым предохранит его от поломки.

§ 114. НАРЕЗАНИЕ ВНУТРЕННЕЙ РЕЗЬБЫ

Нарезание внутренней резьбы. Просверленное отверстие, в котором нарезают резьбу метчиком, должно быть обработано зенкером или же проточено. При нарезании резьбы материал частично «выдавливается», поэтому диаметр сверла должен быть несколько больше, чем внутренний диаметр резьбы. Изменение величины отверстия при нарезании резьбы у твердых и хрупких металлов меньше, чем у мягких и вязких металлов.

Если просверлить под резьбу отверстие диаметром, точно соответствующим внутреннему диаметру резьбы, то материал, выдавливаемый при нарезании, будет давить на зубья метчика, отчего они в результате большого трения сильно нагреваются и к ним прилипают частицы металла. Резьба может получиться с рваными нитками, а в некоторых случаях возможна поломка метчика. При сверлении отверстия слишком большого диаметра резьба получится неполной.

П о д б о р   с в е р л   д л я   с в е р л е н и я   о т в е р с т и й   п о д   р е з ь б у. Диаметр сверла под нарезание метрической и трубной резьб определяют по справочным таблицам. Когда нельзя воспользоваться таблицами, диаметр отверстия под метрическую резьбу приближенно вычисляют по формуле

$$D = d - S,$$

где D — диаметр отверстия, *мм*;
d — диаметр нарезаемой резьбы, *мм*;
S — шаг резьбы, *мм*.

Размеры воротка для закрепления метчика выбирают в зависимости от диаметра нарезаемой резьбы. Примерная длина воротка может быть определена по следующим установленным практикой формулам:

$$L = 20D + 100 \text{ мм},$$
$$d = 0{,}5D + 5 \text{ мм},$$

где L — длина воротка, *мм*;
D — диаметр резьбы, *мм*.

После подготовки отверстия под резьбу и выбора воротка заготовку закрепляют в тисках и в ее отверстие вставляют вертикально метчик по угольнику (рис. 352, *а*).

Прижимая левой рукой вороток к метчику, правой поворачивают его вправо до тех пор, пока метчик не врежется на несколько ниток в металл и не займет устойчивое положение, после чего вороток берут за рукоятки двумя руками и вращают с перехватом рук через каждые пол-оборота (рис. 352, *б*).

В целях облегчения работы вороток с метчиком вращают не все время по направлению часовой стрелки, а один-два оборота вправо и пол-оборота влево и т. д. Благодаря такому возвратно-вращательному движению метчика стружка ломается, получается короткой (дробленой), а процесс резания значительно облегчается.

Закончив нарезание, вращением воротка в обратную сторону вывертывают метчик из отверстия, затем прогоняют его насквозь.

Метчиком вручную изготовляют резьбу по 2-му и 3-му классам точности.

П р а в и л а   н а р е з а н и я   р е з ь б ы   м е т ч и к о м:

при нарезании резьбы в глубоких отверстиях, в мягких и вязких металлах (медь, алюминий, бронза и др.) метчик необходимо

периодически вывертывать из отверстия и очищать канавки от стружки;

нарезать резьбу следует полным набором метчиков. Нарезание резьбы сразу средним метчиком без прохода черновым, а затем чистовым не ускоряет, а, наоборот, затрудняет работу; резьба в этом случае получается недоброкачественной, а метчик может сломаться. Средний и чистовой метчики вводят в отверстие без воротка и только после того, как метчик пройдет правильно по резьбе, на головку надевают вороток и продолжают нарезание резьбы;

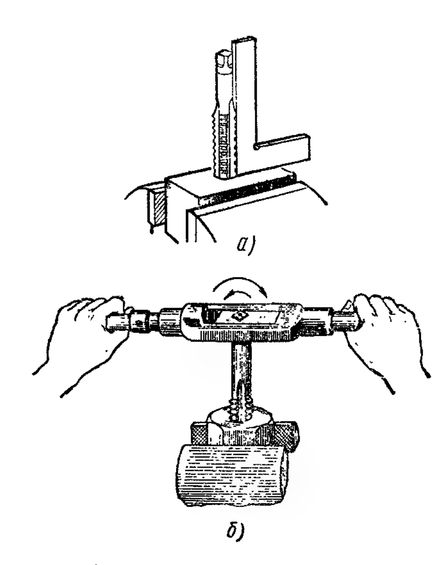


Рис. 352. Нарезание внутренней резьбы:
а — установка метчика, *б* — процесс нарезания

глухое отверстие под резьбу нужно делать на глубину, несколько большую, чем длина нарезаемой части, с таким расчетом, чтобы рабочая часть метчика немного вышла за пределы нарезаемой части. Если такого запаса не будет, резьба получится неполной;

в процессе нарезания необходимо тщательно следить за тем, чтобы не было перекоса метчика; для этого надо через каждые 2—3 нарезанные нитки проверять с помощью угольника положение метчика по отношению к верхней плоскости изделия. Особенно осторожно нужно нарезать резьбу в мелких и глухих отверстиях;

на качество резьбы и стойкость инструмента влияет правильный выбор смазочно-охлаждающей жидкости (табл. 5).

Чтобы получить чистую резьбу с правильным профилем и не испортить метчик, нужно применять при нарезании резьбы смазочно-охлаждающие жидкости.

Паста для смазки резьбонарезного инструмента. При нарезании резьб в деталях из силумина, алюминия стружка налипает на метчик и вследствие этого возникают задиры; при нарезании резьбы в нержавеющих, жаропрочных и других высоколегированных сталях метчик быстро затупляется.

Смазка, предложенная новатором Г. Д. Петровым, дает возможность получения высококачественной резьбы с наименьшими затратами труда. Она имеет следующий состав (%): олеиновая кислота 78, стеариновая кислота 17, сера тонкого помола 5. Стеариновую и олеиновую кислоты смешивают при температуре 60—65° С, дают остыть до 20° С и смешивают с серой тонкого помола. Инструментом, смазанным этой пастой, легко нарезается резьба в отверстиях закаленных до *HRC* 38—42 деталей.

Таблица 5

Смазочно-охлаждающие жидкости, используемые при нарезании резьбы

Обрабатываемый металл	Смазочно-охлаждающая жидкость
Сталь:	
углеродистая	Эмульсия. Осерненное масло
конструкционная	Осерненное масло с керосином
инструментальная легированная	Смешанные масла
Чугун ковкий	3—5%-ная эмульсия
Чугунное литье	Без охлаждения. 3—5%-ная эмульсия. Керосин
Бронза	Без охлаждения. Смешанные масла
Цинк	Эмульсия
Латунь	Без охлаждения. 3—5%-ная эмульсия
Медь	Эмульсия. Смешанные масла
Никель	Эмульсия
Алюминий и его сплавы	Без охлаждения. Эмульсия. Смешанные масла. Керосин.
Нержавеющие, жаропрочные сплавы	Смесь из 50% осерненного масла, 30 % керосина, 20% олеиновой кислоты (или 80% сульфофрезола и 20% олеиновой кислоты)
Волокнит, винипласт, оргстекло и т. д.	3—5%-ная эмульсия
Текстолит, гетинакс	Обдувка сжатым воздухом

§ 115. НАРЕЗАНИЕ НАРУЖНОЙ РЕЗЬБЫ

Наружную резьбу нарезают плашками вручную и на станках. В зависимости от конструкции плашки подразделяются на круглые, накатные, раздвижные (призматические).

Круглые плашки (лерки) изготовляются цельными, разрезными (ГОСТ 9740—71).

Цельные плашки (рис. 353, *а*) представляют собой стальную закаленную гайку *1*, в которой через резьбу *2* прорезаны сквозные продольные отверстия, образующие режущие кромки и служащие для выхода стружки. С обеих сторон плашки имеются заборные части *3* длиной $1^1/_2$ — 2 нитки. Эти плашки применяют при нарезании резьбы диаметром до 52 *мм* за один проход.

Диаметры цельных круглых плашек предусмотрены стандартом для основной метрической резьбы — от 1 до 76 *мм*, для дюймовой — от $^1/_4$ до 2″; для трубной — от $^1/_8$ до $1^1/_2$″.

Круглые плашки при нарезании резьбы вручную закрепляют в специальном воротке.

Разрезные плашки (рис. 353, *б*) в отличие от цельных имеют прорезь (0,5—1,5 *мм*), позволяющую регулировать диаметр резьбы в пределах 0,1—0,25 *мм*. Вследствие пониженной жесткости нарезаемая этими плашками резьба имеет недостаточно точный профиль.

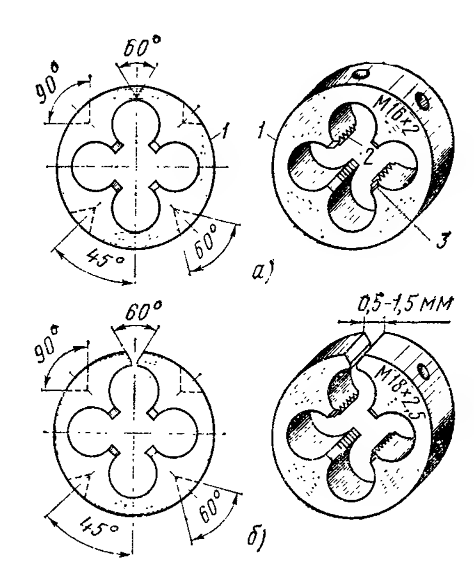


Рис. 353. Цельная (*а*), разрезная (*б*) плашки:
1 — плашка, *2* — резьба, *3* — заборная часть

Резьбонакатные плашки применяются для накатывания точных профилей резьб. Резьбонакатная малогабаритная плашка типа НПН (рис. 354, *а*) применяется для накатывания резьб М6 и М12 на сверлильных и токарных станках. Неконсольное расположение роликов обеспечивает повышенную жесткость плашек, которые легко регулируются на размер и точность накатываемой резьбы 1-го и 2-го классов.

Плашка, изображенная на рис. 354, *б*, предназначена для накатывания резьб на тонкостенных трубах на сверлильных и токарных станках, а также вручную.

Раздвижные (призматические) **плашки** в отличие от круглых состоят из двух половинок, называемых полуплашками (рис. 355, *а*). На каждой из них указаны размер наружной резьбы и цифра *1* или *2* для правильного закрепления в приспособлении (клуппе). На наружной стороне полуплашек имеются угловые канавки (пазы), которыми они устанавливаются в выступы клуппа.

Для равномерного распределения давления винта на полуплашки во избежание перекоса между полуплашками и винтом помещают сухарь.

Раздвижные (призматические) плашки изготовляют комплектами по 4—5 пар в каждом; каждую пару по мере необходимости вставляют в клупп. Раздвижные плашки изготовляют для метрической резьбы диаметром от М6 до М52, *мм*, для дюймовой от $^1/_4$ до 2″ и для трубной резьбы от $^1/_8$ до $1^3/_4$″. Раздвижную плашку закрепляют в клуппе (см. рис. 355, *а*), который состоит из косой рамки *1* (рис. 355, *б*) с двумя ручками *2* и зажимного винта *5*. Полуплашки *3* вставляют в выступы рамки (рис. 355, *б*), затем вводят сухарь *4* и закрепляют винтом *5*. Клуппы, в которые устанавливают призматические плашки, изготовляют шести размеров — от № 1 до № 6. Работа клуппом показана на рис. 355, *в*.

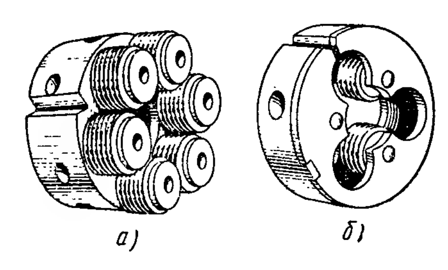


Рис. 354. Резьбонакатные плашки:
а — малогабаритная типа НПН, *б* — для накатывания на тонкостенных трубах

Нарезание наруж-

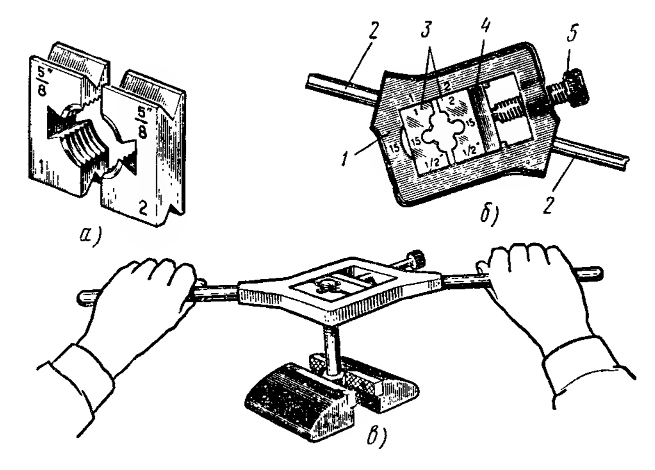


Рис. 355. Раздвижные призматические плашки:
а — полуплашки, *б* — клупп, *в* — нарезание резьбы; *1* — рамка, *2* — ручки, *3* — полуплашки, *4* — сухарь, *5* — винт

ной резьбы. При нарезании резьбы плашкой надо иметь в виду, что в процессе образования профиля резьбы металл изделия, особенно сталь, медь и др., «тянется», диаметр стержня увеличивается. Вследствие этого усиливается давление на поверхность плашки, что приводит к ее нагреву и прилипанию частиц металла, поэтому резьба получается рваной.

При выборе диаметра стержня под наружную резьбу следует руководствоваться теми же соображениями, что при выборе отверстий под внутреннюю резьбу. Хорошее качество резьбы можно получить в том случае, если диаметр стержня несколько меньше наружного диаметра нарезаемой резьбы. Если диаметр стержня будет значительно меньше требуемого, то резьба получится неполной; если же диаметр стержня будет больше, то плашка или не сможет быть навинчена на стержень и конец стержня будет испорчен, или во время нарезания зубья плашки вследствие перегрузки могут сломаться.

При нарезании резьбы плашкой вручную стержень закрепляют в тисках так, чтобы выступающий над уровнем губок конец его был на 20—25 *мм* больше длины нарезаемой части (рис. 356). Для обеспечения врезания на верхнем конце стержня снимается фаска.

Затем на стержень накладывают закрепленную в клупп плашку и с небольшим нажимом вращают клупп так, чтобы плашка врезалась примерно на 1—2 нитки. После этого нарезаемую часть стержня смазывают маслом и вращают клупп с равномерным давлением на обе ручки точно так, как при нарезании метчиком, т. е. один-два оборота вправо и пол-оборота влево.

Для предупреждения брака и поломки зубьев плашки необходимо следить за перпендикулярным положением плашки по

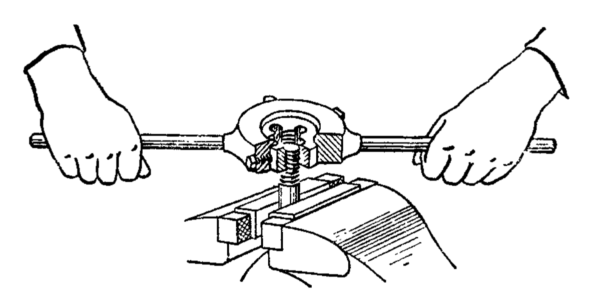


Рис. 356. Нарезание резьбы плашкой

отношению к стержню: плашка должна врезаться в стержень без перекоса.

Проверка нарезанной внутренней резьбы производится резьбовыми калибрами-пробками, а наружной — резьбовыми микрометрами или резьбовыми калибрами-кольцами и резьбовыми шаблонами.

Плашками вручную нарезают резьбу по 3-му классу точности.

Нарезание резьбы клуппами проводят в следующем порядке. Устанавливают в клупп плашки и раздвигают их на размер, несколько больший, чем диаметр нарезаемой заготовки; зажимают заготовку в тисках в вертикальном положении и запиливают на торце фаску; надевают клупп на стержень заготовки и плотно сдвигают плашки винтом.

Клупп с плашками, смазанными смешанным или осерненным маслом, поворачивают на 1—1$^1/_2$ оборота по часовой стрелке, затем на $^1/_4$—$^1/_2$ оборота обратно. Нарезав резьбу, клупп перемещают, вращая его в обратную сторону для схода на конец стержня; затем поджимают плашку винтом и проходят резьбу вторично.

Проверяя резьбу калибром или гайкой (в крайнем случае), повторяют проходы до получения резьбы нужного размера. По окончании работы плашки вынимают из клуппа, очищают от стружки, тщательно протирают и смазывают маслом.

§ 116. НАРЕЗАНИЕ РЕЗЬБЫ НА ТРУБАХ

Нарезание резьбы осуществляют: наружной — клуппом, внутренней — метчиком.

Клупп (рис. 357, *а*) (ГОСТ 6956—54*) состоит из корпуса *2*, рукояток *1*, четырех плоских резьбовых плашек (гребенок) *3*, которые могут одновременно сближаться к центру или расходиться от него при повороте планшайбы *4*. Благодаря этому одним и тем же клуппом можно пользоваться для нарезания труб разных диаметров.

Установка плашек *3* в зависимости от диаметра трубы производится вращением червяка *5*, находящегося в сцеплении с зубчатым сектором *7*, а после установки нужного размера стопорит-

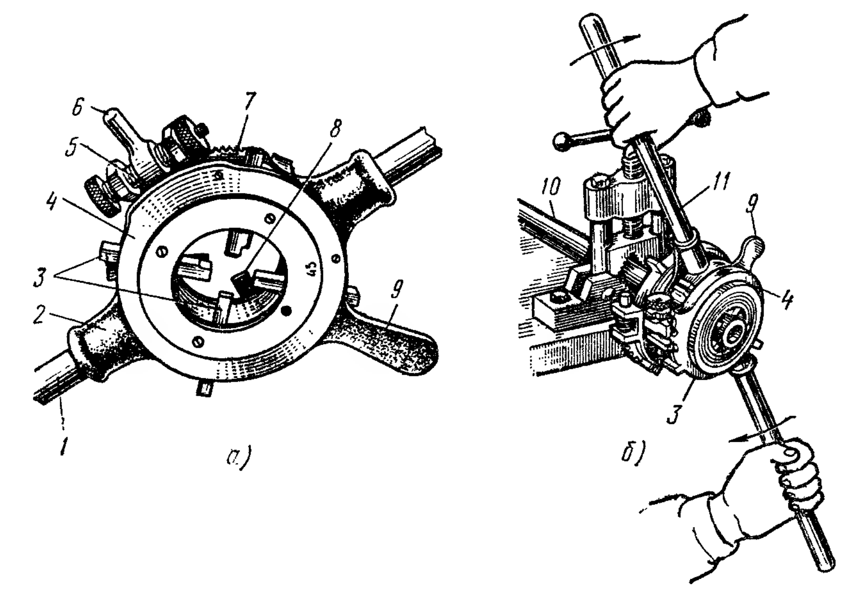


Рис. 357. Клупп трубный размером от $^1/_2$ до 2″ с раздвижными плашками:

а — устройство, б — прием нарезания резьбы: 1 — рукоятка для вращения клуппа, 2 — корпус, 3 — плашка, 4 — планшайба, 5 — червяк, 6 — рычаг, 7 — зубчатый сектор, 8 — направляющие плашки, 9 — рукоятка для поворота планшайбы, 10 — нарезаемая труба, 11 — прижим

ся нажимом рычага *6*. Точная установка резьбовых плашек на нужный диаметр осуществляется по делениям (нониусу) на корпусе клуппа.

Кроме четырех резьбовых плашек *3*, в корпусе *2* клуппа установлены направляющие плашки *8* (гладкие, без резьбы), которые обеспечивают устойчивое положение клуппа на трубе при нарезании резьбы.

К клуппу прилагается несколько комплектов плашек (гребенок), допускающих нарезание трубных резьб диаметром от $^1/_2$ до 3″.

Нарезание трубной резьбы клуппом осуществлять в таком порядке:

осмотреть плашки: внешний вид, стружечные канавки, которые должны быть чистыми, без заусенцев и других пороков. Режущие кромки должны быть острыми, без задиров, завалов и выкрошенных мест и изломов;

конец нарезаемой трубы *10* закрепить в трубном прижиме *11* (рис. 357, *б*);

часть трубы, на которой будет нарезаться резьба, смазать маслом (олифой);

установить клупп на трубу и сблизить плашки с нажимом, рассчитанным так, чтобы резьба была нарезана в несколько

проходов (для диаметров до 1″ достаточно два прохода, а для диаметров больше 1″ — три прохода);

вращать клупп вокруг трубы в четыре приема, т. е. за каждый прием повернуть примерно на 90°;

не свертывая клуппа с трубы, рукояткой *9* планшайбы *4* раздвинуть плашки *3*, и тогда клупп снимется свободно с трубы;

проверить качество нарезанной резьбы;

клупп с плашками тщательно протереть, отмыть жир, смазать минеральным маслом.

§ 117. МЕХАНИЗАЦИЯ НАРЕЗАНИЯ РЕЗЬБЫ

Нарезание резьбы вручную является малопроизводительной и трудоемкой операцией, поэтому при возможности необходимо стремиться к применению средств механизации.

Для механизации процесса нарезания резьбы в крупногабаритных деталях, а также при монтаже (сборке) изделий применяются такие специальные ручные механизированные инструменты, как электрорезьбонарезатели, пневматические резьбонарезатели и электро- и пневмосверлилки, оснащенные специальными насадками для нарезания резьбы.

На рис. 358, *а* показан электрорезьбонарезатель. Он имеет встроенный электродвигатель, редуктор, реверсивный механизм и нагрудник.

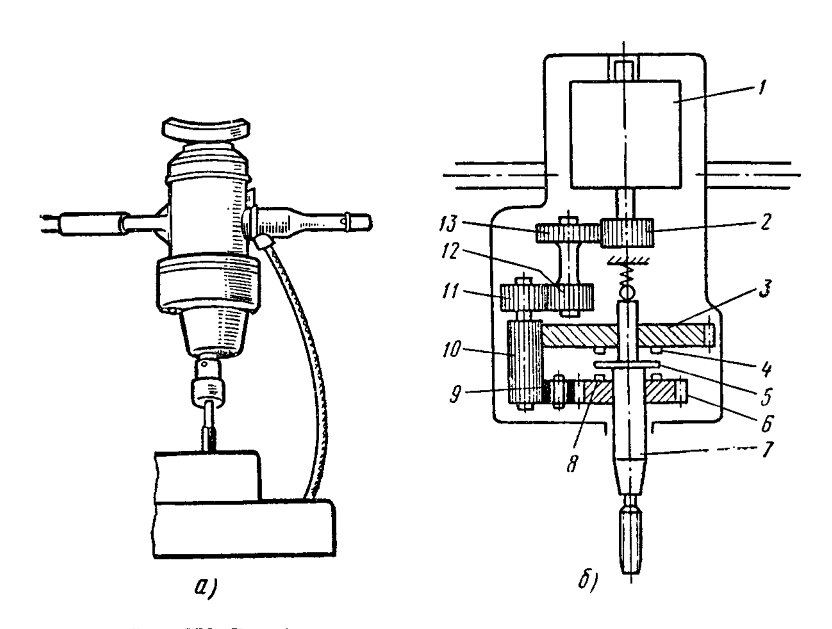


Рис. 358. Резьбонарезатель с электрическим приводом:
а — общий вид, *б* — кинематическая схема; *1* — электродвигатель, *2, 3, 6, 9, 10, 11, 12, 13* — зубчатые колеса, *4, 8* — выступы, *5* — фланец, *7* — шпиндель

На валу ротора электродвигателя *1* (рис. 358, *б*) закреплено зубчатое колесо *2*, которое через зубчатые колеса *13*, *12*, *11*, *10* и *9* передает вращение свободно сидящим зубчатым колесам *6* и *3*, вращающимся в разные стороны. При нажиме на корпус инструмента сверху вниз шпиндель *7* вдвигается внутрь, его фланец *5* войдет в зацепление с выступом *4* зубчатого колеса *3*, метчик при этом начнет ввертываться в отверстие.

После нарезания резьбы и прекращения нажатия шпиндель *7* выдвинется из корпуса и фланец *5* войдет в зацепление с выступами *8* зубчатого колеса *6*. Но так как колесо *6* вращается в два раза быстрее, то метчик начнет с удвоенной скоростью выверты-

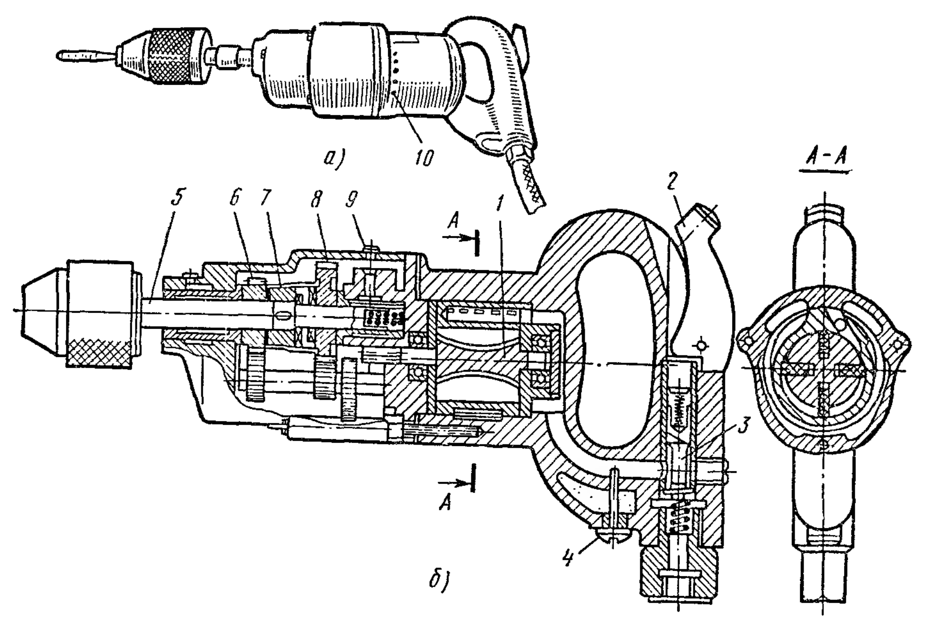


Рис. 359. Резьбонарезатель с пневматическим приводом ПРН-8 легкого типа: *а* — общий вид, *б* — устройство; *1* — двигатель, *2* — курок, *3* — клапан, *4*, *9* — пробки, *5* — шпиндель, *6*, *8* — зубчатые колеса, *7* — муфта, *10* — боковые отверстия

ваться из отверстия. Производительность в 6—10 раз выше производительности ручного способа.

Резьбонарезатель с пневматическим приводом ПРН-8 легкого типа (рис. 359, *а*), разработанный Ленинградским научно-исследовательским институтом судостроительной промышленности, предназначен для нарезания мелких резьб. Четырехлопаточный ротационный пневматический двигатель *1* приводит во вращение через редуктор свободно сидящие зубчатые колеса *6* и *8*. Шпиндель *5* посредством закрепленной на нем зубчатой муфты *7* может входить в зацепление либо с колесом *6*, либо с колесом *8*. При нажатии рукой на корпус справа налево муфта *7* сцепляется с колесом *8*, что соответствует рабочему ходу (нарезание резьбы).

Когда корпус за рукоятку оттягивают на себя, шпиндель смещается под действием пружины влево, муфта *7* сцепляется с зубчатым колесом *6* и происходит ускоренное вывинчивание метчика из отверстия.

Инструмент включают нажатием большого пальца на курок *2*, при этом клапан *3* плавно отжимается вниз и пропускает сжатый воздух в двигатель. Отработанный воздух выходит из двигателя через боковые отверстия *10* в корпусе (рис. 359, *б*). Пробка *4* служит для заливки масла в полость, наполненную хлопчатобумажной набивкой. Через отверстие, соединяющее эту полость с воздушным каналом, пары масла увлекаются в двигатель и смазывают тру-

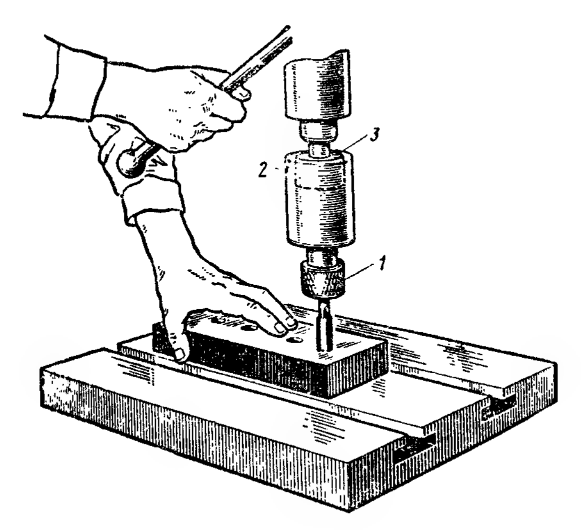


Рис. 360. Нарезание резьбы в отверстии на сверлильном станке:
1, 2 — гайки, *3* — стопорный винт

щиеся части. Редуктор и реверсивный механизм смазываются густой смазкой через отверстие, закрываемое пробкой *9*.

Нарезание резьбы в отверстиях на сверлильных станках является наиболее производительным способом. Нарезание осуществляют при помощи предохранительного патрона, в котором метчик закрепляют на допустимое усилие. При нарезании резьбы в глухом отверстии метчик упирается в дно отверстия, при этом автоматически прекращается вращение.

Предохранительный патрон устанавливают в шпиндель станка, как и обыкновенный патрон с коническим хвостовиком. Метчик вставляют в цангу патрона (рис. 360) и закрепляют накидной гайкой *1*. Сверлильный станок налаживают на скорость резания 5—8 *м/мин*. После включения электродвигателя проверяют метчик на биение. Затем смазывают метчик смешанным маслом и нарезают резьбу. Регулирование метчика на допустимое усилие выполняют круглой гайкой *2*, которая стопорится винтом *3*.

Таблица 6

Брак при нарезании резьбы и способы его устранения

Брак	Причина	Способ устранения
Рваная резьба	Тупой метчик или плашка	Заменить инструмент
	Неудовлетворительное охлаждение	Увеличить охлаждение
	Перекос метчика или плашки относительно отверстия при неправильной установке	Правильно установить инструмент, не допускать перекоса
Тупая резьба	Большой диаметр просверленного отверстия под резьбу или мал диаметр стержня	Правильно подбирать диаметры сверла и метчика (плашки)
	Малы передний и задний углы сверла	Заменить инструмент, выбрать инструмент с учетом обрабатываемого материала
	Высокая вязкость материала детали	То же
Неточный профиль резьбы	Малая величина переднего угла метчика или плашки	Заменить инструмент
	Недостаточная длина заборного конуса	То же
	Тупой или неправильно заточен инструмент	»
	Смазочно-охлаждающая жидкость не соответствует обрабатываемому материалу детали	Применять соответствующую смазочно-охлаждающую жидкость
	Чрезмерно высокая скорость резания	Выбрать рациональную скорость резания (по таблице)
Ослабленная резьба	Разбивание резьбы метчиком при неправильной его установке	Устанавливать метчик без перекоса
	Биение инструмента	Устранить биение инструмента
	Применение повышенных скоростей резания	Применять нормальные скорости резания (по таблице)
Тугая резьба	Диаметр инструмента не соответствует заданному диаметру резьбы	Применять инструмент необходимого диаметра
Конусиость резьбы	Неправильное вращение метчика (разбивание верхней части отверстия)	Правильно устанавливать метчик, правильно работать метчиком
Поломка метчика	Защемление стружки при вывертывании метчика	Периодически выводить метчик из отверстия для удаления стружки
	Заниженный диаметр отверстия под резьбу	Применять сверла требуемого диаметра

Брак	Причина	Способ устранеиня
Срыв резьбы	Диаметр просверленного отверстия под резьбу меньше требуемого	Применять сверла требуемого диаметра
	Затупившийся метчик	Заменить метчик
	Стружка забивается в канавках метчика	Периодически выводить метчик из отверстия для удаления стружки

Наибольший размер нарезаемой этим резьбонарезателем резьбы 8 *мм.* Применение машинки ускоряет процесс нарезания резьбы в 8—10 раз по сравнению с нарезанием вручную.

Кроме применения резьбонарезных машинок, в серийном и массовом производствах резьбу нарезают на резьбонарезных станках.

В табл. 6 приведены наиболее часто встречающиеся виды брака, причины его появления и способы предотвращения.

§ 118. СПОСОБЫ УДАЛЕНИЯ ПОЛОМАННЫХ МЕТЧИКОВ

При поломке метчик удаляют из отверстия следующими способами:

если из отверстия торчит обломок метчика, выступающую часть захватывают плоскогубцами или ручными тисочками и вывертывают обломок из отверстия; при отсутствии выступающей части в канавки метчика продевают концы согнутой вдвое проволоки и вывертывают метчик при ее помощи; если небольшой обломок метчика не удается вывернуть при помощи проволоки, метчик разламывают на мелкие куски закаленным пробойником, напоминающим кернер, и куски извлекают из отверстия;

когда сломан метчик из быстрорежущей стали, деталь с обломком метчика нагревают в муфельной или нефтяной печи и дают ей остыть вместе с печью. При данном способе нагревают деталь в конце смены, т. е. перед выключением печи до следующего дня. Отожженный этим способом метчик высверливают;

если сломан метчик из углеродистой стали, поступают следующим образом: деталь вместе с застрявшим обломком нагревают докрасна, затем медленно охлаждают ее и после окончательного охлаждения высверливают застрявшую часть метчика;

если деталь очень большая и ее нагрев связан с большими трудностями, применяют следующие способы; первый — при помощи специальной оправки (рис. 361, *а*), имеющей на торце четыре выступа (рожки), которыми она входит в канавки метчика. Поворачивая оправку при помощи воротка за квадратный хвостовик, вывертывают поломанный метчик из отверстия. Для извлечения

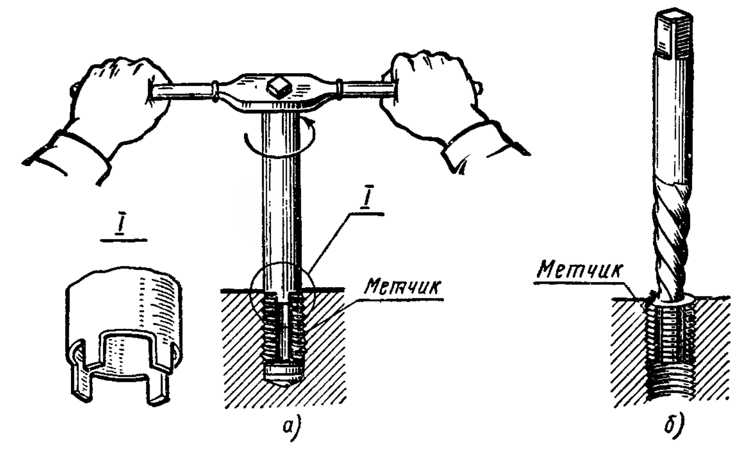


Рис. 361. Удаление поломанного метчика при помощи оправки с рожками (*а*) и зенкером (*б*)

метчиков разных диаметров имеют набор таких оправок; второй — при помощи специального зенкера (рис. 361, *б*); третий — путем наплавки (наращивания) электродом хвостовика на обломок мет-

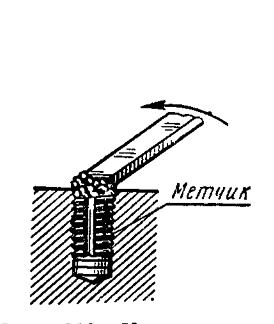


Рис. 362. Удаление поломанного метчика при помощи приваренного хвостовика

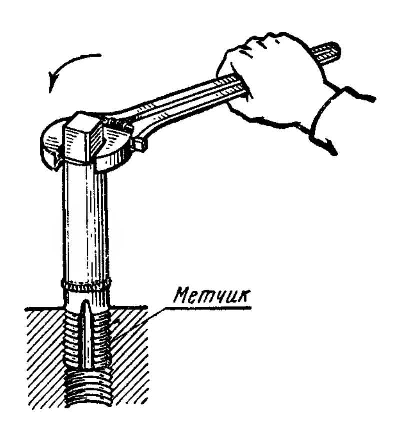


Рис. 363. Удаление поломанного метчика ключом

чика (рис. 362), поломанного в детали из силумина. После охлаждения метчик свободно вывертывается из отверстия; четвертый — при помощи ключа, надеваемого на квадратный конец специальной оправки, приваренной к поломанному метчику (рис. 363), путем травления (из алюминиевых деталей). В теле метчика высверливают отверстие, стараясь не повредить резьбу детали. Травят раствором азотной кислоты, который, хорошо растворяя сталь

(материал метчика), незначительно действует на алюминиевый сплав (материал детали). В качестве катализатора применяют кусочки железной (вязальной) проволоки, которые опускают в раствор кислоты, налитой в отверстие метчика. Через каждые 5—10 *мин* использованную кислоту удаляют из отверстия метчика пипеткой, и отверстие вновь наполняют свежей кислотой. Процесс продолжают несколько часов, до тех пор, пока металл метчика не будет окончательно разрушен. После этого остатки кислоты удаляют, а отверстие промывают.

Техника безопасности. При нарезании резьбы метчиком на станке следует руководствоваться правилами техники безопасности при работе на сверлильных станках. При нарезании резьбы метчиками и плашками вручную в деталях с сильно выступающими острыми частями следят за тем, чтобы при повороте воротка не поранить руки. При использовании электрифицированных инструментов соблюдают соответствующие этим инструментам правила техники безопасности.

Вопросы для самопроверки

1. Назовите основные элементы резьбы и дайте их определение.
2. Чем отличается конструкция конических метчиков от цилиндрических и каково назначение конических метчиков?
3. Как обозначают резьбу на чертежах?
4. Какие величины определяют при измерении резьбы?
5. Как выбрать диаметр отверстия под резьбу?
6. Какие правила надо выполнять при работе метчиком?
7. Какую смазку применяют при нарезании резьбы в различных металлах?

Глава XXVI
КЛЕПКА

§ 119. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Клепкой называется процесс соединения двух или нескольких деталей при помощи заклепок. Этот вид соединения относится к группе неразъемных, так как разъединение склепанных деталей возможно только путем разрушения соответствующих частей заклепок.

Заклепочные соединения широко применяют при изготовлении металлических конструкций мостов, ферм, рам, балок, а также в котлостроении, самолетостроении, судостроении и др.

Процесс клепки состоит из следующих основных операций:

образование отверстия под заклепку в соединяемых деталях сверлением или пробивкой;

образование гнезда под закладную головку заклепки (при потайной клепке);

вставка заклепок в отверстия;

образование замыкающей головки заклепки, т. е. собственно клепка.

Клепка разделяется на холодную, т. е. выполняемую без нагрева заклепок, и горячую, при которой стальные заклепки перед постановкой их на место нагревают до 1000—1100° С.

Практикой выработаны следующие рекомендации по применению холодной и горячей клепки в зависимости от диаметра заклепок:

до $d=8$ *мм* — только холодная клепка;

при $d=8\div12$ *мм* — смешанная, т. е. как горячая, так и холодная;

при $d>12$ *мм* — только горячая.

При выполнении слесарных работ обычно прибегают только к холодной клепке. Горячую клепку выполняют, как правило, в специализированных цехах. Холодная клепка широко применяется в самолетостроении.

Преимущество горячей клепки заключается в том, что стержень лучше заполняет отверстие в склепываемых деталях, а при охлаждении заклепка лучше стягивает их. Образование замыкающей головки может происходить при быстром (ударная клепка) и при медленном (прессовая клепка) действии сил.

В зависимости от инструмента и оборудования, а также способа нанесения ударов или давления на заклепку различают клепку трех видов: ударную ручными инструментами; ударную при помощи клепальных пневмомолотков; прессовую при помощи клепальных прессов или скоб.

Ударную ручную клепку вследствие высокой стоимости, низкой производительности применяют ограниченно: при малом объеме работ или в условиях, когда из-за отсутствия клепального инструмента и оборудования нельзя перейти к ударной клепке при помощи пневмомолотков или к прессовой клепке на прессах или скобах. Клепаные соединения имеют ряд существенных недостатков, основными из которых являются увеличение веса клепаных конструкций; ослабление склепываемого материала в местах образования отверстий под заклепки; значительное число технологических операций, необходимых для выполнения заклепочного соединения (сверление или пробивка отверстий, зенкование или штамповка гнезд под потайную головку, вставка заклепок и собственно клепка); значительный шум и вибрации (колебания) при работе ручными пневматическими молотками, вредно влияющие на организм человека, и др.

Поэтому, кроме совершенствования самого процесса клепки, применяют и другие способы получения неразъемных соединений, например электрической и газовой сваркой, соединением металлов термостойкими клеями ВК-32-200; ВК-32-250; ИП-9 и др.

Однако в ряде отраслей машиностроения, например в авиастроении, в производстве слесарно-монтажного инструмента клепку еще широко применяют, особенно для соединения конструкций, работающих при высоких температурах и давлениях.

§ 120. ТИПЫ ЗАКЛЕПОК

Заклепка — это цилиндрический металлический стержень с головкой определенной формы. Головка заклепки, высаженная заранее, т. е. изготовленная вместе со стержнем, называется закладной, другая, образующаяся во время клепки из части стержня, выступающего над поверхностью склепываемых деталей, называется замыкающей.

По форме головки различают заклепки: с полукруглой высокой головкой (ГОСТ 10299—68) (рис. 364, *а*) с диаметром стержня от 2 до 36 *мм* и длиной от 2 до 180 *мм*; заклепки с полукруглой низкой головкой (ГОСТ 10302—68) (рис. 364, *б*) со стержнем диаметром от 2 до 10 *мм* и длиной от 4 до 80 *мм*; заклепка с плоской головкой (ГОСТ 10300—68) (рис. 364, *в*, слева) со стержнем диаметром от 2 до 36 *мм* и длиной от 4 до 180 *мм* и (рис. 364, *в*, справа) со стержнем диаметром от 2 до 36 *мм* и длиной от 4 до 180 *мм*; заклепки с потайной головкой (ГОСТ 10300—68) (рис. 364, *г*) со стержнем диаметром от 1 до 36 *мм* и длиной от 2 до 180 *мм* и заклепки с полупотайной головкой (ГОСТ 10301—68) (рис. 364, *д*) со стержнем диаметром от 2 до 36 *мм* и длиной от 3 до 210 *мм*.

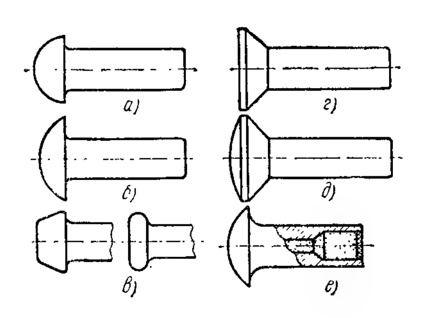


Рис. 364. Виды заклепок:
а — с полукруглой высокой головкой, *б* — полукруглой низкой головкой, *в* — с плоской головкой, *г* — с потайной головкой, *д* — с полупотайной головкой, *е* — взрывная двухкамерная

Указанные типы заклепок изготовляются из углеродистой стали 10кп и 20кп, легированной стали 09Г2, нержавеющей стали Х18Н9Т, цветных металлов и сплавов: латуни Л62, меди М3, алюминия АД1 и Д18П.

Как правило, заклепки должны быть из того же материала, что и соединяемые детали; в противном случае возможно появление коррозии и разрушение места соединения.

Наиболее широкое применение в машиностроении получили заклепки с полукруглой головкой. В некоторых случаях применяют специальные типы заклепок — взрывные (АН-1504) и с сердечником (АН-831) и др.

Заклепки взрывные (рис. 364, *е*) имеют в свободном конце стержня углубление (камеру), заполненное взрывчатым веществом, которое защищено от проникновения атмосферной влаги слоем лака. Взрывные заклепки изготовляются даметром 3,5; 4; 5 и 6 *мм* из проволоки марки Д18П. Длина стержня взрывных заклепок от 6 до 20 *мм*, толщина склепываемого пакета от 1,6—2,5 до 14,1—15 *мм*.

Заклепки с сердечником (рис. 365) имеют полый стержень (пистон) *1*, в который помещен сердечник *2* с утолщенной

частью *3* на конце. При втягивании сердечника утолщенная часть «раздает» конец стержня заклепки, образуя замыкающую головку, после чего сердечник «откусывается» инструментом.

Заклепки с сердечником изготовляют двух типов: с потайной и полукруглой головками. Наружный диаметр пистона от 3,5 до 5 *мм*. Этот тип заклепок применяют для соединения деталей, подвергающихся незначительной нагрузке.

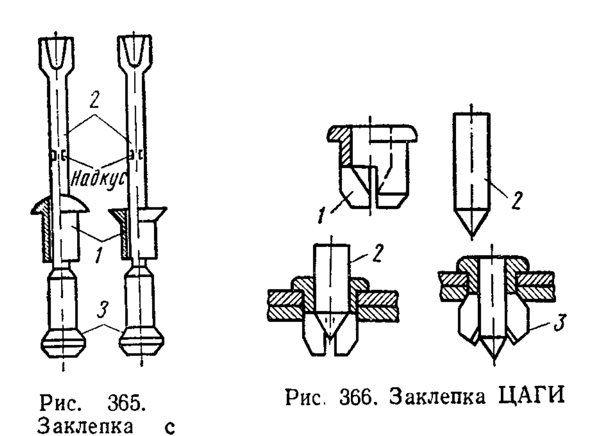


Рис. 365. Заклепка с сердечником

Рис. 366. Заклепка ЦАГИ

Заклепки ЦАГИ, как заклепки с сердечниками, состоят из двух частей: пистона *1* (рис. 366) и сердечника *2* (из стали 30ХМА), который закаливается. Пистон с сердечником вставляют в отверстие, а затем ударами молотка забивают сердечник в пистон, у которого при этом отгибаются разрезанные концы, образующие замыкающую головку *3*.

§ 121. ВИДЫ ЗАКЛЕПОЧНЫХ СОЕДИНЕНИЙ. ИНСТРУМЕНТЫ И ПРИСПОСОБЛЕНИЯ ДЛЯ КЛЕПКИ

Один или несколько рядов заклепок, расположенных в определенном порядке для получения неразъемного соединения, называется заклепочным швом (рис. 367).

В зависимости от характеристики и назначения заклепочного соединения заклепочные швы делятся на три вида: прочные, плотные и прочно-плотные.

Прочный шов применяют для получения соединений повышенной прочности. Прочность шва достигается тем, что он имеет несколько рядов заклепок. Эти швы применяются при клепке балок, колонн, мостов и других металлических конструкций.

Плотный шов применяют для получения достаточно плотной и герметичной конструкции при небольших нагрузках.

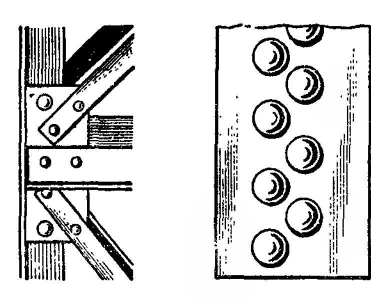


Рис. 367. Заклепочные швы

Соединения с плотным швом выполняют обычно холодной клепкой. Для достижения необходимой герметичности шва применяют различного рода прокладки из бумаги, ткани, пропитанные олифой или суриком, или подчеканку шва. Эти швы применяют при изготовлении резервуаров, не подвергающихся высоким давлениям (открытые баки для жидкости), некоторых других изделий.

Прочно-плотный шов применяют для получения прочного и вместе с тем непроницаемого для пара, газа, воды и других жидкостей соединения, например в паровых котлах и различных резервуарах с высоким внутренним давлением.

Прочно-плотные швы выполняют горячей клепкой при помощи клепальных машин с последующей подчеканкой головок заклепок и кромок листов.

В каждом заклепочном соединении заклепки располагают в один, два и более рядов. В соответствии с этим заклепочные швы делятся на однорядные, двухрядные, многорядные, параллельные и шахматные (рис. 368, *г*).

В зависимости от расположения соединяемых деталей различают: соединения внахлестку (рис. 368, *а*), в которых край одного листа накладывается на край другого;

соединения встык, которые характеризуются тем, что соединяемые детали своими торцами плотно примыкают друг к другу и соединяются при помощи одной или двух накладок (рис. 368, *б*, *в*, *г*).

Инструменты и приспособления для клепки. Различают клепку ручную и механизированную, при которой применяют пневматические клепальные молотки, и машинную, выполняемую на прессах одинарной и групповой клепки.

При ручной клепке применяют слесарные молотки типа Б — с квадратным бойком (см. рис. 163), поддержки, обжимки, натяжки и чеканки.

Массу молотка выбирают в зависимости от диаметра заклепки:

Диаметр заклепки, *мм*	2	2,5	3	3,5	4	5	6—8
Масса молотка, *г*	100	100	200	200	400	400	500

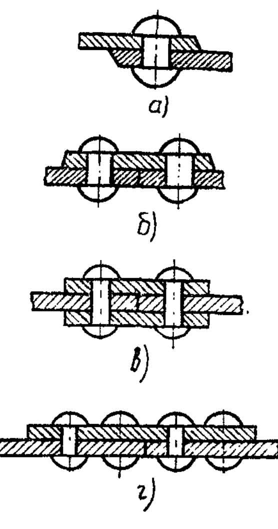


Рис. 368. Виды швов:

а — однорядные внахлестку, *б* — однорядные встык с одной накладкой, *в* — однорядные встык с двумя накладками, *г* — двухрядный с шахматным расположением заклепок встык с одной накладкой

Поддержки являются опорой при расклепывании стержня заклепок. Форма и размеры поддержек зависят от конструкции склепываемых деталей и диаметра стержня заклепки, а также от выбранного метода клепки (прямой или обратный). Поддержка должна быть в 3—5 раз массивнее молотка.

Обжимки служат для придания замыкающей головке заклепки после осадки требуемой формы. На одном конце обжимки имеется углубление по форме головки заклепки.

Натяжка представляет собой бородок с отверстием на конце. Диаметр отверстия обычно делается на 0,2 *мм* больше диаметра стержня заклепки. Натяжка применяется для обжатия заклепки.

Чекан представляет собой слесарное зубило с плоской рабочей поверхностью и применяется для создания герметичности заклепочного шва, достигаемой обжатием (подчеканкой) замыкающей головки и края листа.

§ 122. РУЧНАЯ КЛЕПКА

Независимо от применяемых инструментов и приспособлений склепываемые детали располагают таким образом, чтобы закладные головки заклепок находились сверху. Это позволяет вставлять заклепки предварительно.

Необходимое количество, диаметр и длину заклепок определяют расчетным путем. Длину стержня заклепки выбирают в зависимости от толщины склепываемых листов (пакета) и формы замыкающей головки.

Длина части стержня заклепки для образования замыкающей потайной головки принимается (рис. 369, *а*):

$$l = S + (0{,}8 \div 1{,}2)\,d,$$

где l — длина стержня заклепки, *мм*;

S — толщина склепываемых листов, *мм*;

d — диаметр заклепки, *мм*.

Для образования замыкающей полукруглой головки (рис. 369, *б*):

$$l = S + (1{,}2 \div 1{,}5)\,d, \text{ мм}.$$

Расстояние от центра заклепки до края склепываемых листов должно составлять $1{,}5\,d$ заклепки.

В зависимости от диаметра заклепки отверстия в склепываемых листах (пакетах) сверлят или пробивают. Диаметр отверстия должен быть больше диаметра заклепки в такой зависимости:

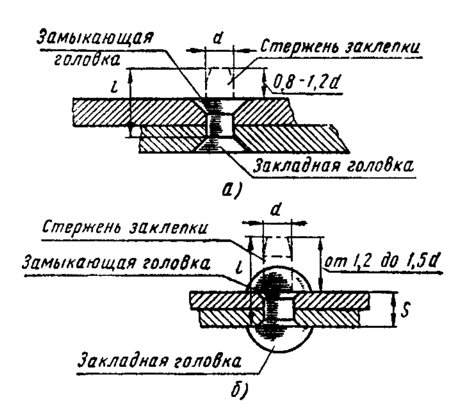


Рис. 369. Элементы заклепки:
а — с потайной головкой, *б* — с полукруглой головкой

Диаметр заклепки, *мм*	2,0	2,3	2,6	3,0	3,5	4,0	5,0	6,0	7,0	8,0
Диаметр отверстия, *мм* . . .	2,1	2,4	2,7	3,1	3,6	4,1	5,2	6,2	7,2	8,2

Различают два вида клепки: с двусторонним подходом, когда имеется свободный доступ как к замыкающей, так и закладной головке, и с односторонним подходом, когда доступ к замыкающей головке невозможен. В связи с этим различают два метода клепки: открытый, или прямой, и закрытый, или обратный.

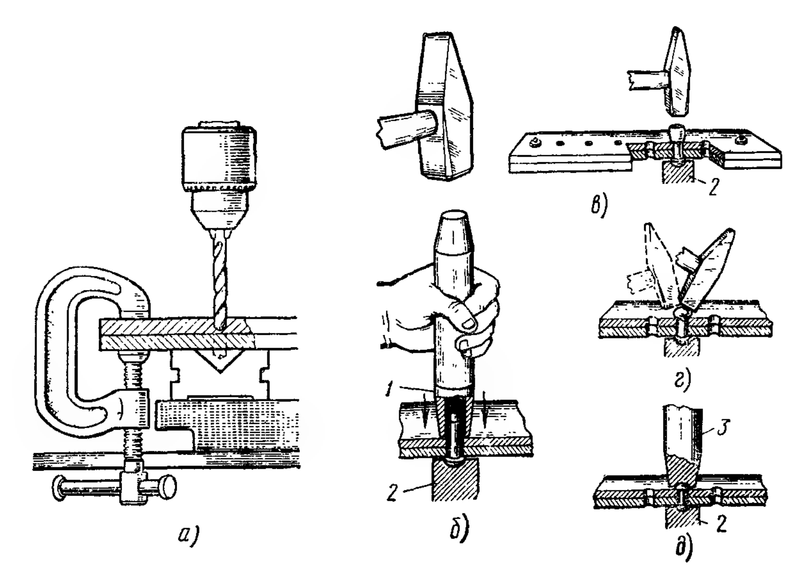


Рис. 370. Процесс клепки прямым методом:

а — сверление отверстия, *б* — осаживание склепываемых листов при помощи натяжки, *в* — осаживание стержня заклепки, *г* — придание формы замыкающей головке при помощи молотка, *д* — окончательное оформление замыкающей головки при помощи обжимки; *1* — натяжка, *2* — поддержка, *3* — обжимка

Прямой метод клепки характеризуется тем, что удары молотком наносятся по стержню со стороны вновь образуемой, т. е. замыкающей, головки. Клепка прямым методом начинается со сверления отверстия под заклепку (рис. 370, *а*). Затем в отверстие вводят снизу стержень заклепки и под закладную головку ставят массивную поддержку *2* (рис. 370, *б*). Склепываемые листы осаживают (уплотняют) при помощи натяжки *1*, которую устанавливают так, чтобы выступающий конец стержня вошел в ее отверстие. Ударом молотка по вершине натяжки осаживают листы и таким образом устраняют зазор между ними.

После этого расклепывают стержень заклепки. Так как при расклепывании металл упрочняется, стремятся к возможно меньшему числу ударов. Поэтому сначала несколькими ударами молотка осаживают стержень (рис. 370, *в*), затем боковыми ударами молотка

придают полученной головке необходимую форму (рис. 370, *г*), после чего обжимкой окончательно оформляют замыкающую головку (рис. 370, *д*).

При выполнении шва с потайными головками под закладную головку ставят плоскую поддержку. Молотком ударяют точно по оси заклепки.

Во избежание образования неровностей клепку выполняют не подряд, а через два-три отверстия, начиная с крайних, после чего производят клепку по остальным отверстиям.

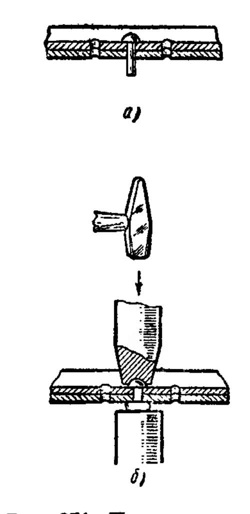


Рис. 371. Процесс клепки обратным методом:
а — вставка заклепки в отверстие, *б* — оформление замыкающей головки

Обратный метод клепки характеризуется тем, что удары молотком наносят по закладной головке. Обратный метод применяют при затрудненном доступе к замыкающей головке. При работе по этому методу стержень заклепки вводят сверху (рис. 371, *а*), поддержку ставят под стержень. Молотком ударяют по закладной головке через оправку (рис. 371, *б*), формируя при помощи поддержки замыкающую головку. Качество клепки по этому методу несколько ниже, чем по прямому.

Клепку по обратному методу выполняют также взрывными и трубчатыми заклепками (особые виды клепки).

Клепка взрывными заклепками заключается в том, что в отверстие вставляют заклепку *2* (рис. 372), в свободном конце стержня которой имеется камера, заполненная взрывчатым веществом. Легким ударом молотка (в холодном состоянии) заклепку осаживают. Затем на закладную головку накладывают наконечник электрического нагревателя *1*. В течение 2—3 *с* заклепка нагревается, и при температуре 130—160° С заряд взрывается, при этом конец стержня сильно расширяется и образует замыкающую головку *3*.

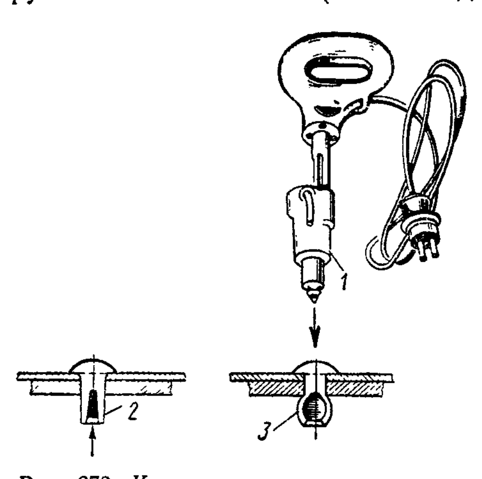


Рис. 372. Клепка взрывными заклепками:
1 — электрический нагреватель, *2* — заклепка до взрыва, *3* — после взрыва

Клепка трубчатыми заклепками заключается в том, что в отверстие устанавливают заклепку *1* (рис. 373, *а*) с полым стержнем (пистоном), затем специальным инструментом — писто-

ницей *3* заклепку осаживают, подтягивают склепываемые детали друг к другу и расклепывают (*2*). Качество расклепывания (развальцовки) свободного конца стержня для образования замыкающей головки зависит от конструкции, формы и размеров крючка *4* пистоницы, который подбирается по размерам закладной головки, а также от силы нажима.

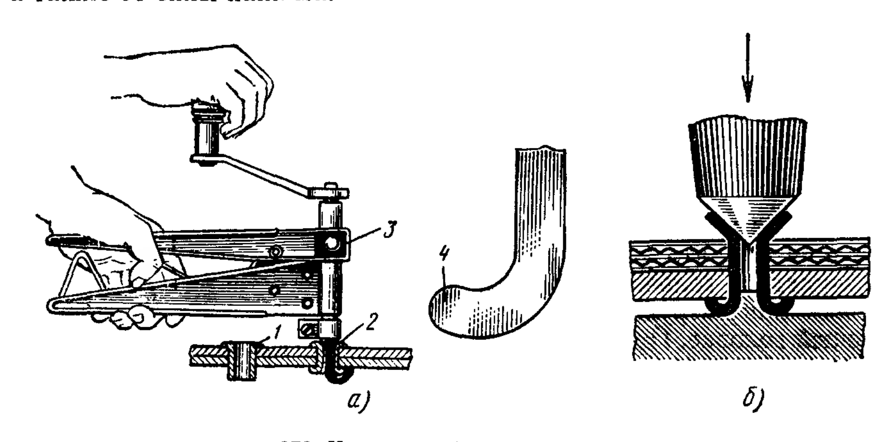


Рис. 373. Клепка трубчатыми заклепками:
а — рабочий момент, *б* — раздача концов заклепки кернером; *1* — заклепка, *2* — расклепанная заклепка, *3* — пистоница, *4* — крючок

Более просто детали пустотелыми заклепками склепывают так: закладывают заклепку в отверстие на поддержке и раздают концы заклепки ударами молотка по кернеру (рис. 373, *б*).

§ 123. МЕХАНИЗАЦИЯ КЛЕПКИ

Клепку крупногабаритных деталей выполняют широко при помощи пневматических и меньше электрических молотков.

Пневматические клепальные молотки работают под действием сжатого воздуха. Они делятся на две группы: с золотниковым распределением, которые широко применяются, и с клапанным распределением. Пневматические молотки выпускаются с замкнутой и незамкнутой рукояткой без гасителя вибрации (модели 53КМ-5, 55КМ-10, 6КМ) и с гасителем вибрации (модели 62КМ-6 и 62КМ-7). Применяют также молотки с незамкнутой рукояткой и пистолетного типа без гасителя вибрации (56КМП-3) и с гасителем вибрации (57КМП-4, 57КМП-5, 57КМП-6). Клепальный молоток 57КМП-4 имеет корпус *1* (рис. 374) и рукоятку *11*, в которую вмонтированы пусковое устройство и ниппель *15* для подключения шланга для сжатого воздуха. В корпусе находится стакан *6*, цилиндр *5* с поршнем и золотник *7* с крышкой *8*. Воздух поступает через пусковой клапан *14*, крышку *8* и золотник *7* в рабочую камеру, расположенную над поршнем.

Рис 374. Клепальный пневматический молоток:

1 — корпус, *2* — ударник, *3*, *9* — пружины, *4* — молоток, *5* — цилиндр, *6* — стакан, *7* — золотник, *8* — крышка, *10* — курок, *11* — рукоятка, *12* — рычаг, *13* — толкатель, *14* — клапан, *15* — ниппель

При нажатии пальцем на курок *10* последний рычагом *12* воздействует на толкатель *13*, открывающий вход воздуху в пусковой клапан *14*. В этот момент поршень идет вниз и производит осадку заклепки, а золотник открывает отверстие для прохода сжатого воздуха через клапаны в нижнюю часть цилиндра под поршень и заставляет его перемещаться вверх. Пружина *9* служит для поглощения отдачи поршня с целью предохранения работающего от вредных вибраций, а пружина *3* предохраняет обжимку от выпадания.

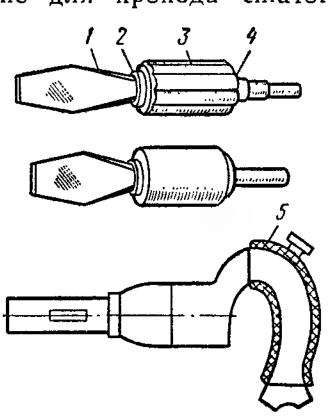


Рис. 375. Виброгасящее приспособление:

1 — сменный инструмент, *2*, *4* — резиновые кольца, *3* — виброгасящая муфта, *5* — виброгасящая накладка

Для уменьшения действия вибрации пользуются мягкой виброгасящей втулкой (муфтой) *3* для левой руки (рис. 375) и мягкой виброгасящей пружинящей накладкой *5* на рукоятке молотка, предохраняющей правую руку рабочего; виброгасящую муфту *3* надевают на пневматическое зубило *1* и закрепляют резиновыми кольцами *2* и *4*.

При работе пневматический молоток держат за рукоятку правой рукой

и большим пальцем нажимают на курок для пуска сжатого воздуха. Левой рукой клепальщик обхватывает ствол молотка или обжимку, которую удерживает на головке заклепки. Клепку пневматическим молотком осуществляют двое: один выполняет клепку, второй является подручным.

§ 124. МАШИННАЯ КЛЕПКА

Большой объем работ по клепке выполняют на специальных клепальных машинах, пневматических и гидравлических прессах. Машинная клепка имеет следующие преимущества:

высокая производительность труда;

высокое качество клепки — хорошее обжатие стержня и заполнение отверстия, а также формирование головки безукоризненной формы;

незначительный процент брака (0,5% вместо 3% при ручной и пневматической клепке);

почти полная ликвидация физического труда;

меньшее число занятых рабочих.

Клепальные машины изготовляются стационарными и переносными. Первые имеют несколько большую производительность, но и недостатки: изделие должно перемещаться по мере постановки заклепки, что при громоздких конструкциях требует устройства специальных рольгангов, а значит, дополнительных площадей.

Пневматические клепальные машины стоят дешевле гидравлических. Они выпускаются передвижными, но могут быть и стационарными.

Ручной переносный пневматический пресс ПРП5-2 (рис. 376, *а*) широко применяют при одиночной клепке, особенно в труднодоступных местах. Производительность его в пять раз выше производительности пневматического молотка. На этом прессе клепают детали общей толщиной до 4 *мм* стальными заклепками наибольшего диаметра 4 *мм* и заклепками из дюралюминия 5 *мм*.

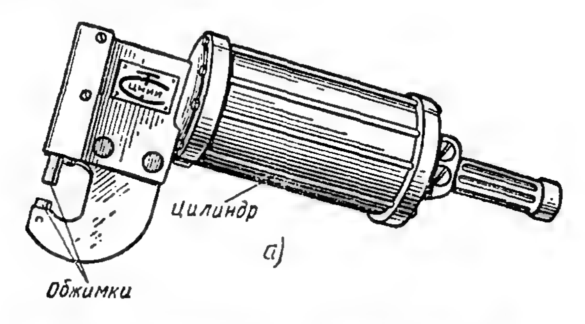
Пресс имеет пневматический цилиндр и клиновый механизм, при помощи которого преобразуется движение поршня в рабочее движение обжимок *3*, *4*.

Пневморычажный стационарный пресс КП-204М (рис. 376, *б*) применяют при одиночной клепке деталей стальными заклепками (сталь 15) диаметром до 5 *мм* и заклепками из дюралюминия (Д1, Д6) диаметром 6 *мм*.

Силовой агрегат благодаря воздухораспределительному устройству осуществляет в определенной последовательности подачу сжатого воздуха в различные камеры пневматических цилиндров, чем обеспечиваются автоматические рабочие и обратные ходы. Рычажная система создает усилие на плунжере, необходимое для расклепывания заклепок.

Сжатый воздух из воздушной магистрали к автоматической масленке поступает через фильтр *12*, в котором удаляются имеющиеся в воздухе примеси.

Для склепывания деталей различной толщины или при использовании заклепок другого диаметра упор 5 перемещают по оси, вращая рукоятку 7, которая стопорится гайкой 6. Правильную форму замыкающей головки и сжатие склепываемых деталей достигают действием обжимками 3 и 4.



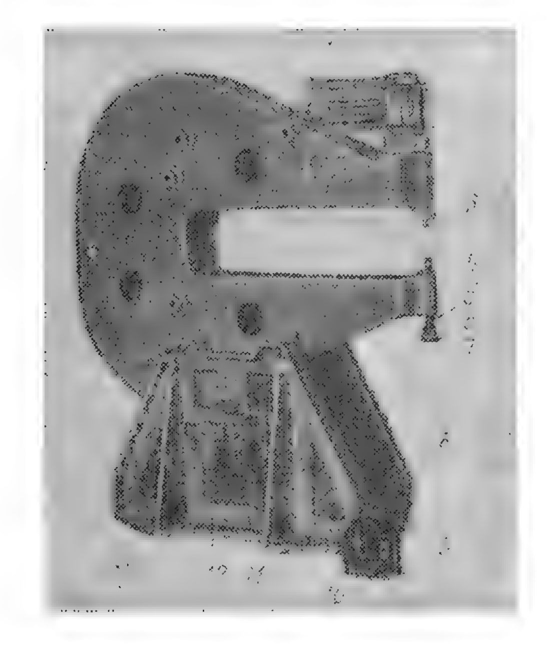


Рис. 376. Прессы:

а — ручной переносный пневматический ПРП5-2, *б* — пневморычажный стационарный КП-204М; *1* — пневматический цилиндр, *2* — скоба, *3*, *4* — обжимки, *5* — упор, *6* — стопорная гайка, *7* — рукоятка стопорной гайки, *8* — тумба, *9* — корпус педали, *10* — педаль, *11* — автоматическая масленка, *12* — фильтр

Пресс пускают в действие нажатием ноги на педаль *10*. Большой зев и вылет скобы пресса допускают клепку деталей различных размеров. Конструкция пресса допускает установку скобы в

Таблица 7

Виды и причины брака при клепке

Эскиз	Характеристика брака	Причина брака
	Смещение замыкающей головки	Скошен или неровно обрезан торец стержня заклепки
	Прогиб материала	Диаметр отверстия мал
	Смещение обеих головок заклепки	Отверстие просверлено косо
	Изгиб замыкающей головки	Длинный стержень заклепки; поддержка установлена не по оси заклепки
	Расклепывание стержня между листами	Клепка произведена при неприжатых листах

Эскиз	Характеристика брака	Причина брака
	Подсечка (зарубка) головки	Обжимка при отделке головки была поставлена косо
	Недотянутая головка	Неплотная посадка закладной головки при клепке
	Мала замыкающая головка	Недостаточна длина выступающей части стержня заклепки
	Неплотное прилегание замыкающей головки	Перекос обжимки
	Рваные края головки	Плохое качество металла заклепки

вертикальном положении, что очень важно при клепке плоских деталей больших размеров.

Виды и причины брака клепки. Наиболее распространенные виды брака при клепке приведены в табл. 7.

У плохо поставленной заклепки срубают головку, а затем бородком выбивают стержень. Заклепку можно также высверлить. Для этого закладную головку накернивают и сверлят на глубину, равную высоте головки. Диаметр сверла берут немного меньше диаметра заклепки. Недосверленную головку надламывают бородком, затем выбивают заклепку.

Способы проверки качества соединения. После сборки заклепочные соединения подвергают тщательному наружному осмотру: проверяют состояние головок заклепок и склепанных деталей. Плотность прилегания соединенных деталей определяют щупом. Головки заклепок и расстояние между ними проверяют шаблонами.

Заклепочные соединения, требующие герметичности, подвергают гидравлическим испытаниям путем нагнетания насосом жидкости под давлением, превышающим нормальное на 5—20%. Места соединения, дающие течь, подчеканивают.

§ 125. ЗАЧЕКАНИВАНИЕ

Клепаные швы не могут быть абсолютно непроницаемыми, что объясняется наличием неровностей и шероховатостей на поверхности склепанных листов, вследствие чего в шве остаются воздушные прослойки и каналы, через которые может проходить жидкость или газ. Поэтому для абсолютной плотности и непроницаемости стыки клепаных швов и головки заклепок уплотняют зачеканиванием.

Зачеканивание выполняют двумя основными способами: одним острокромочным чеканом и двумя тупокромочными чеканами.

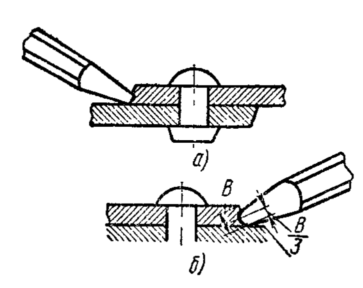


Рис. 377. Способы чеканки:
а — одним чеканом, *б* — двумя чеканами

На рис. 377, *а* показана схема работы одним острокромочным чеканом. При этом способе выбивается канавка и металл отжимается к нижнему листу, заполняя зазор (если он есть) и усиливая контакт склепанных листов. Этот способ имеет недостаток: требуется очень большая аккуратность и внимательность, возникает опасность повреждения нижнего листа, ширина уплотнения небольшая.

Зачеканивание двумя тупокромочными чеканами (рис. 377, *б*) производится первый раз чеканом с закругленным бойком, а второй проход кромки выполняется чеканом с плоским бойком, которым окончательно уплотняют отжатый к листу металл.

Второй способ чеканки имеет следующие преимущества перед первым: уплотнение материала получается более глубоким, что обеспечивает высокую плотность шва; применение тупого инструмента вызывает меньшую концентрацию напряжений у кромки шва, исключается возможность повреждения поверхности нижнего листа, так как инструмент не острый.

Закладные и замыкающие заклепочные головки чеканят закругленным по контуру головки чеканом. Сначала удаляют заусенцы и излишек металла головки, а затем уплотняют металл по окружности головки.

Надо иметь в виду, что чеканка обеспечивает уплотнение заклепочного шва лишь при толщине стали более 5 *мм*. При толщине стали 4 *мм* и менее чеканку не производят и шов уплотняют парусиновой прокладкой, пропитанной свинцовым суриком на натуральной олифе. Поверхность листов в местах шва тщательно очищают от грязи и ржавчины.

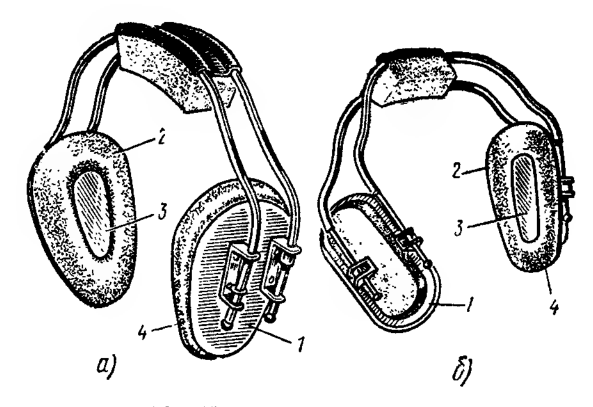


Рис. 378. Противошумные наушники:
а — ПН-2К для клепальщиков, *б* — ПН-3ВЧШ — для клепальщиков и медиков, работающих в условиях высокочастотного шума

Техника безопасности при клепке. При клепке следует выполнять общие требования техники безопасности (работать исправным инструментом, на рабочем месте не должно быть ничего лишнего и т. д.).

Для защиты от шума при клепке пневматическими молотками применяют два типа противошумных наушников: ПН-2К для клепальщиков (рис. 378, *а*) и ПН-3ВЧШ для клепальщиков и медников (рис. 378, *б*).

Наушники ПН-2К и ПН-3ВЧШ состоят из чашечки *1*, изготовленной из алюминия толщиной 1,5 *мм* холодной штамповкой, и звукопоглощающего материала *2* — поропласта; уплотнителя *3* из бестканевой полихлорвиниловой окантовочной пленки толщиной 0,3—0,4 *мм*, заполненного дистиллированным глицерином;

обжимного кольца *4*, выполненного из той же пленки и служащего для крепления уплотнителя к наушникам.

Наушники крепятся на голове при помощи плотной хлопчатобумажной или резиновой тесьмы, или металлической фурнитуры (мягкое крепление), или двух охватывающих голову металлических дуг, изготовленных из пружинной проволоки диаметром 3 *мм*, и полихлорвиниловой профилированной ленты толщиной 1,5 *мм*.

Вопросы для самопроверки

1. Какие существуют способы клепки?
2. Как выбирают заклепки по длине, диаметру, материалу?
3. Как выполняется и чем отличается клепка прямым и обратным методами?
4. Какие основные причины брака при клепке, меры его предупреждения и способы исправления?

Глава XXVII
ПРОСТРАНСТВЕННАЯ РАЗМЕТКА

Пространственная разметка имеет существенное отличие от плоскостной. Если при плоскостной разметке разметочные линии наносят в одной плоскости, то при пространственной разметке разметочные линии наносят в разных плоскостях и под разными углами.

§ 126. ПРИСПОСОБЛЕНИЯ ДЛЯ РАЗМЕТКИ

Прежде чем приступить к разметке, заготовку устанавливают и выверяют на разметочной плите, пользуясь для этого различными опорными подкладками, призмами и домкратами, разметочными ящиками и др.

Призматические подкладки применяют при установке заготовок цилиндрической формы. Подкладки имеют точно обработанные наружные поверхности с призматическими вырезами. Чаще всего применяются подкладки длиной 50—250 *мм*, шириной и высотой 50—100 *мм*. Для установки длинных цилиндрических заготовок используют комплекты подкладок одинаковых размеров.

Наиболее усовершенствованной конструкцией является призма, применяемая разметчиком-новатором П. А. Щербаковым. Преимущество указанной призмы (рис. 379, *а*) состоит в том, что боковые стороны скобы *1* не выступают за грани призмы *2*; это позволяет производить разметку горизонтальных и вертикальных линий на детали (валике) *3* путем ее перекантовки. В обычных призмах со скобой (рис. 379, *б*) стороны скобы выступают за грани призмы, вследствие чего нельзя производить разметку в горизонтальной и вертикальной плоскостях без перестановки детали.

Призма *1* для разметки деталей под углом (рис. 380) устанавливается на нужный угол по отношению к основанию *4* по градуи-

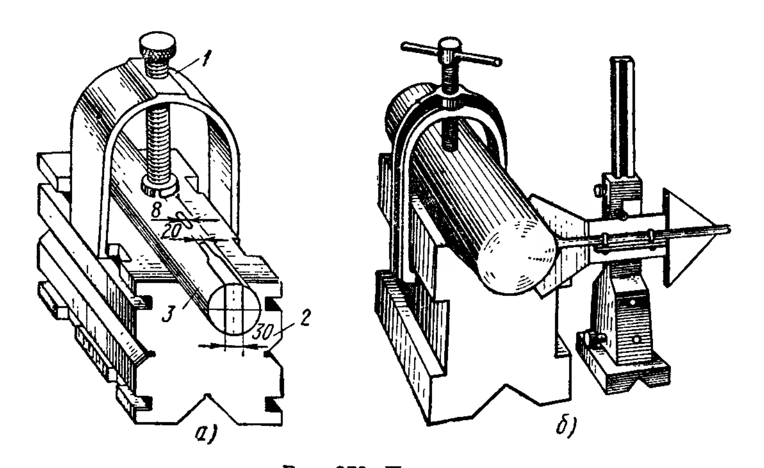


Рис. 379. Призмы:
а — П. А. Щербакова, *б* — обычная со скобой; *1* — скоба, *2* — призма, *3* — валик

рованному диску *2*. Деталь при разметке крепится скобой *5*. Положение призмы фиксируется гайкой-барашком *3*.

Угольники (рис. 381, *а*) изготовляют из серого чугуна. На обеих полках угольника имеются отверстия. Отверстия в горизонтальной полке дают возможность крепить угольник к разметочной плите с Т-образными пазами; с помощью отверстий на вертикальной полке к угольнику крепят размечаемые заготовки.

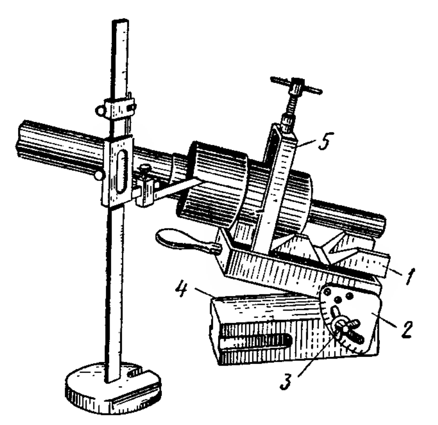


Рис. 380. Призма для разметки деталей под углом:
1 — призма, *2* — диск, *3* — гайка-барашек, *4* — основание, *5* — скоба

Разметочные кубики (рис. 381, *б*) имеют точно обработанные плоскости и большое количество отверстий для установки и крепления деталей при помощи болтов с прихватами, планок и т. п.

Разметочные ящики (рис. 382, *а*, *б*) изготовляют из чугуна (для облегчения отливаются пустотелыми с толщиной стенок 8—12 *мм* и с ребрами жесткости внутри), все стороны тщательно пришабриваются. Особое внимание при их изготовлении обращается на точность сопряжения граней (углы 90°). Ящики применяются для крепления на их сторонах размечаемых заготовок.

Выдвижной центр (рис. 383, *а*) при помощи зубчатого колеса *3* и зубчатой рейки *4* имеет возможность выдвигаться на высоту до 400 *мм* по отношению к основанию *1*. В нужном

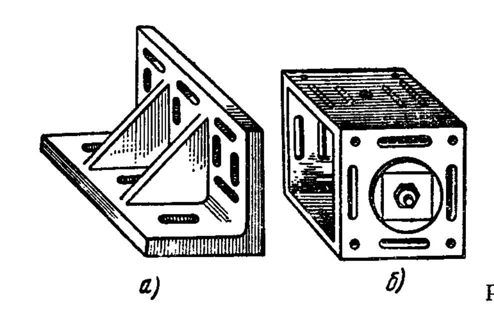


Рис. 381. Разметочные приспособления
а — угольник, б — кубик

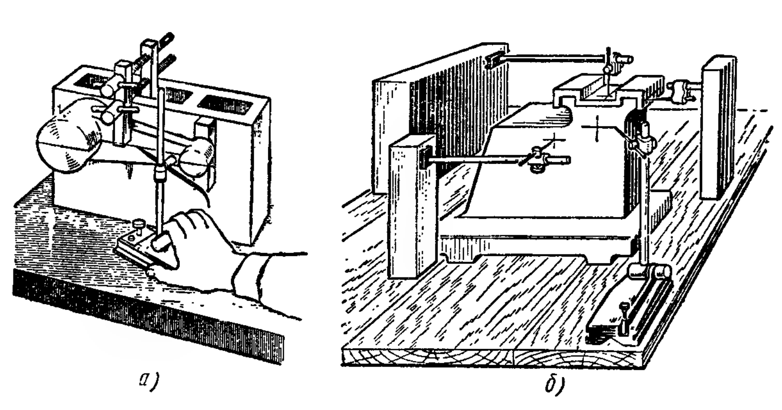


Рис. 382. Разметка при помощи ящика (а), при помощи ящиков без перекантовки (б)

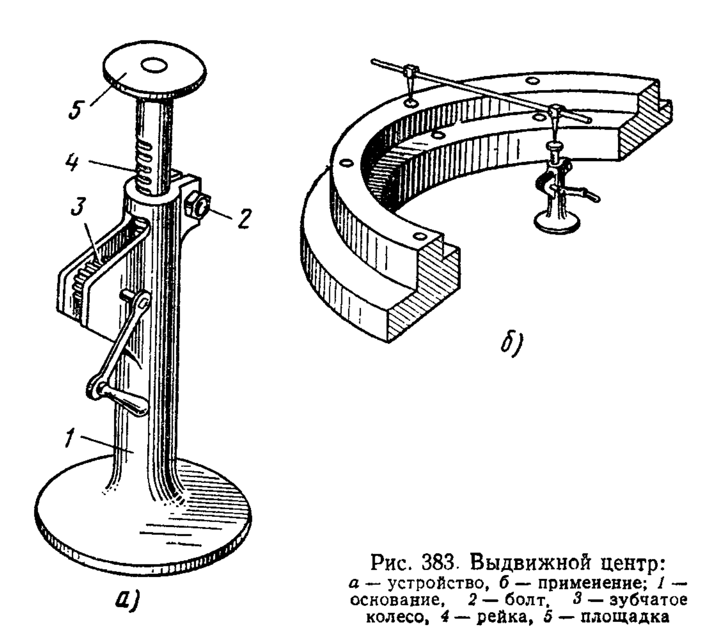


Рис. 383. Выдвижной центр:
а — устройство, б — применение; 1 — основание, 2 — болт, 3 — зубчатое колесо, 4 — рейка, 5 — площадка

положении площадка *5* фиксируется зажимным болтом *2*. Выдвижная площадка создает удобства для разметки окружностей, расположенных на разных высотах (рис. 383, *б*).

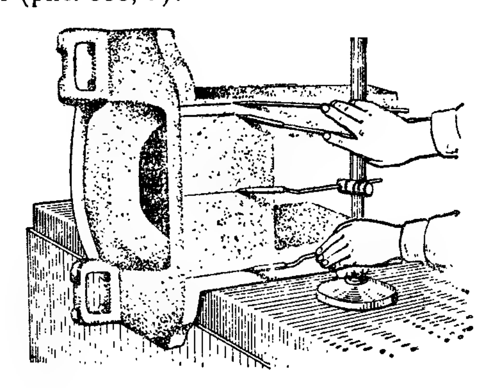
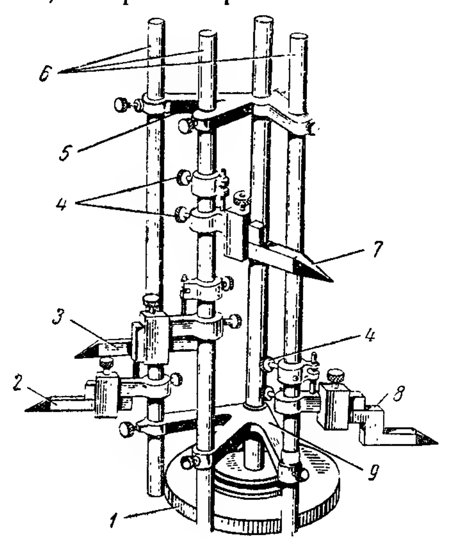


Рис. 384. Многоигольчатый высокопроизводительный рейсмас К. Ф. Крючека

Рейсмас. Наиболее широко применяется ускоряющий разметку рейсмас, предложенный новатором К. Ф. Крючеком (рис. 384). Этот рейсмас имеет четыре чертилки (иглы), каждую из которых можно установить на необходимый размер и высоту. Рейсмас позволяет провести одновременно несколько рисок.

На рис. 385 показана другая конструкция комбинированного рейсмаса. Рейсмас состоит из основания *1*, вертикальных стоек *6* и соединяющих их планок *5* и *9*. Риски наносят чертилками *2*, *3*, *7* и *8*, которые закрепляют винтами *4*.



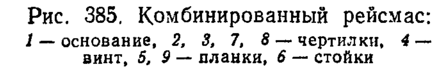


Рис. 385. Комбинированный рейсмас: *1* — основание, *2*, *3*, *7*, *8* — чертилки, *4* — винт, *5*, *9* — планки, *6* — стойки

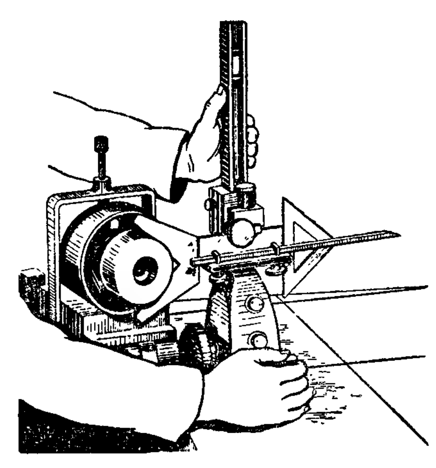


Рис. 386. Центрирующий штангенрейсмас

Центрирующий штангенрейсмас (рис. 386) представляет собой обычную стойку штангенрейсмаса, на которую надета каретка центроискателя, имеющая вид стрелки, составленной

из двух равных треугольников. Биссектриса большого треугольника определяет центр заготовки, центровая линия наносится острием стрелки.

§ 127. ПРИЕМЫ И ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ РАЗМЕТКИ

Подготовка к разметке. Прежде чем приступить к разметке, внимательно проверяют заготовку: нет ли на ней раковин, трещин, отбитых углов и других дефектов. Затем заготовку очищают от грязи и пыли. Далее подробно изучают чертеж будущей детали и намечают порядок разметки: определяют, в каких положениях деталь будет устанавливаться на плите и в какой последовательности будут наноситься разметочные линии.

Для того чтобы избрать правильный путь разметки, необходимо отчетливо представлять назначение размечаемой детали, ее роль в машине. Поэтому следует, кроме чертежа размечаемой детали, также изучить сборочный чертеж и ознакомиться с технологией изготовления детали.

Выбор базы при разметке. Правильный выбор базы при разметке предопределяет качество разметки. Выбор разметочных баз зависит от конструктивных особенностей и технологии изготовления детали.

Базу выбирают, руководствуясь следующими правилами:

если на заготовке имеется хотя бы одна обработанная поверхность, ее и принимают за базу;

если обрабатываются не все поверхности, то за базу принимают необрабатываемую поверхность;

если наружные и внутренние поверхности не обработаны, то за базу принимают наружную поверхность;

при разметке все размеры наносят от одной поверхности или от одной линии, принятой за базу.

После того как наметят базу, определяют порядок разметки, расположение и установку размечаемой детали на плите и выбирают необходимые разметочные инструменты и приспособления.

Установка заготовки на разметочной плите. Перед установкой заготовки на разметочной плите те места заготовки, где будут наноситься разметочные риски, окрашивают мелом, краской, лаком или медным купоросом. При установке только первое положение заготовки на плите является независимым, а все остальные положения зависят от первого. Поэтому первое положение заготовки необходимо выбирать так, чтобы было удобно начать разметку от поверхности или центровой линии, принятой за базу. Заготовку устанавливают на плите не в произвольном положении, а таким образом, чтобы одна из главных ее осей была параллельна плоскости разметочной плиты.

Таких осей на заготовке обычно бывает три: по длине, ширине и высоте.

Детали больших размеров, которые нельзя переворачивать, размечают при помощи рейсмасов и разметочных угольников. Устанавливают рейсмас на разметочную плиту и, перемещая его, наносят разметочные линии.

Нанесение разметочных рисок. При пространственной разметке заготовок приходится наносить горизонтальные, вертикальные и наклонные риски. Эти наименования рисок сохраняются и при поворотах заготовки в процессе разметки. Если, например, риски при первоначальном положении заготовки были проведены горизонтально, то, хотя они при повороте заготовки на 90° стали вертикальными, чтобы не было путаницы, их продолжают называть горизонтальными.

Кроме основных разметочных рисок, параллельно им на расстоянии 5—7 *мм* проводят контрольные риски, которые служат для проверки установки заготовки при дальнейшей обработке, а также для возможности обработки в тех случаях, когда разметочная риска почему-либо исчезла.

При разметке на плите горизонтальные риски прочерчивают рейсмасом, установленным на соответствующий размер. Рейсмас перемещают параллельно плоскости разметочной плиты, слегка прижимая его основанием к плите. При этом игла рейсмаса должна быть направлена наклонно к размечаемой плоскости в сторону движения под углом 75—80°. Нажим иглы на заготовку должен быть равномерным.

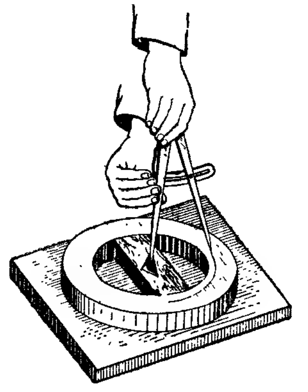


Рис. 387. Разметка отверстия

Разметка вертикальных рисок может выполняться тремя способами: разметочным угольником, рейсмасом и поворотом заготовки на 90°, рейсмасом от разметочных ящиков без поворота заготовки.

Наклонные линии наносят чертилкой путем поворота детали по угломеру, установленному на необходимый угол.

Разметка отверстий. При разметке пустотелых деталей (рис. 387) в них забивают деревянную центровую планку, а затем на нее набивают металлическую планку из латуни или свинца для опоры ножки циркуля. Если планка из дерева твердой породы, то можно металлическую планку не набивать. Разметку дальше ведут обычным способом.

Разметка цилиндрических деталей. Заготовку устанавливают на плиту на одной или двух призмах и проверяют горизонтальность образующей цилиндрической поверхности относительно поверхности разметочной плиты (рис. 388, *а*). Короткие цилиндрические детали устанавливают на одной призме.

Разметку шпоночной канавки на валике необходимо выполнять в таком порядке: изучить чертеж; проверить заготовку; зачистить размечаемые места на валике; окрасить купоросом торец

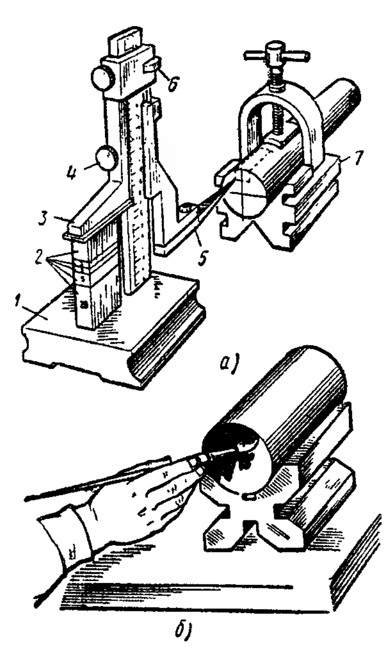


Рис. 388. Разметка шпоночной канавки:

а — общий вид установки, *б* — нанесение на торец раствора медного купороса; *1* — измерительная поверхность, *2* — блок плиток, *3* — измерительная ножка, *4* — зажимный винт, *5* — чертилка, *6* — микрометрический винт, *7* — призма

(рис. 388, *б*) валика и часть боковой поверхности, на которую будут наноситься риски; найти центр на торце с помощью центроискателя; установить валик на призму и проверить его горизонтальность; нанести на торце валика горизонтальную линию (рис. 388, *а*), проходящую через центр; повернуть валик на 90° и проверить вертикальность прочерченной линии по угольнику; нанести на торце валика рейсмасом горизонтальную линию; прочертить рейсмасом линию на боковой поверхности валика; прочертить две линии на боковой поверхности, соответствующие ширине шпоночной канавки, а на торце — на глубину канавки; повернуть валик шпоночными рисками вверх и прочертить на торце линию, указывающую глубину шпоночной канавки; накернить контуры шпоночной канавки.

Разметка по образцу применяется в случае износа или поломки детали и при отсутствии чертежа для изготовления новой. В таких случаях образцом является изношенная или сломанная деталь. Если деталь плоская, то после тщательной очистки ее накладывают на заготовку и по ней обводкой наносят разметочные линии.

В тех случаях, когда наложить образец на заготовку нельзя, его устанавливают рядом и переносят все размеры с него на заготовку рейсмасом. При снятии размеров с образца следует учитывать износ образца (старой детали), а также проверить, не повреждена ли, не покороблена ли она, не отломаны ли выступы и т. д.

Разметка по месту производится в тех случаях, когда по характеру соединений требуется собирать детали на месте. Для этого одну из деталей размечают, в ней сверлят отверстия; во второй детали отверстия сверлят после наложения на нее первой, которая является как бы шаблоном по отношению ко второй.

Рациональные приемы разметки. При работе рейсмасом каждая установка чертилки по высоте требует большой затраты времени. При разметке партии одинаковых деталей пользуются несколькими рейсмасами, заранее установленными на определенный размер. Чертилки нужно установить в определенное по-

ложение только один раз, а затем последовательно переносить их на размечаемую заготовку. Время от времени установку чертилки надо проверять.

Если в распоряжении слесаря имеется только один рейсмас, то рекомендуется сначала перенести на все заготовки один установленный размер (рис. 389), затем второй, третий и т. д.

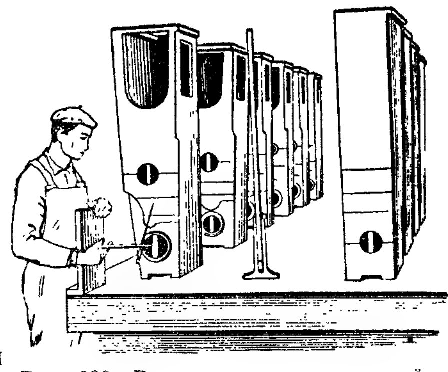


Рис. 389. Разметка партии деталей одним рейсмасом

Брак при разметке. Наиболее частым видом брака при пространственной разметке является неточность ее, вызываемая:

неправильной и неточной установкой размечаемой детали;

несоблюдением правил выбора разметочных баз;

несоблюдением точности разметки в соответствии с размерами чертежа;

неисправностью разметочного инструмента.

Вопросы для самопроверки

1. Чем отличается пространственная разметка от плоскостной?
2. Для чего проводят контрольные риски?
3. Какие особенности разметки по образцу?
4. Когда применяют разметку по месту?

Глава XXVIII

ШАБРЕНИЕ

§ 128. СУЩНОСТЬ И НАЗНАЧЕНИЕ ШАБРЕНИЯ. ШАБЕРЫ

Шабрением называется операция по снятию (соскабливанию) с поверхностей деталей очень тонких частиц металла специальным режущим инструментом — **шабером**. Цель шабрения — обеспечение плотного прилегания сопрягаемых поверхностей и герметичности (непроницаемости) соединения. Шабрением обрабатывают прямолинейные и криволинейные поверхности.

Шабрение широко применяется в инструментальном производстве как окончательный процесс обработки незакаленных поверхностей.

Широкое применение шабрения объясняется особыми качествами полученной поверхности, которые состоят в следующем:

в отличие от шлифованной или полученной притиркой абразивами шабреная более износостойка, потому что не имеет шаржи-

рованных в ее поры остатков абразивных зерен, ускоряющих процесс износа;

шабренная поверхность лучше смачивается и дольше сохраняет смазывающие вещества благодаря наличию так называемой разбивки этой поверхности, что также повышает ее износостойкость и снижает величину коэффициента трения; числу пятен на

шабренная поверхность позволяет использовать самый простой и наиболее доступный метод оценки ее качества по
единицу площади.

Шабрение дает возможность получить точность поверхности от 0,003 до 0,01 *мм*; за один проход шабером снимается слой металла толщиной 0,005—0,07 *мм*; при среднем давлении на шабер толщина стружки составляет не более 0,01—0,03 *мм*.

Ручное шабрение — трудоемкий процесс, поэтому его заменяют более производительными методами обработки на станках.

Шабрению предшествует чистовая обработка резанием.

Шаберы — металлические стержни различной формы с режущими кромками. Изготовляют шаберы из инструментальной углеродистой стали У10 и У12А. Режущий конец шабера закаливают без отпуска до твердости *HRC* 56—64.

По форме режущей части шаберы подразделяются на плоские, трехгранные, фасонные; по числу режущих концов (граней) — на односторонние и двусторонние; по конструкции — на цельные и со вставными пластинками.

Плоские шаберы применяются для шабрения плоских поверхностей — открытых, пазов, канавок и т. д.

По числу режущих концов плоские шаберы могут быть односторонними (рис. 390, *а*) и двусторонними (рис. 390, *в*). Рациональной является выпуклая форма лезвия, очерченная дугой радиусом 30—40 *мм* для получистового шабрения и 40—55 *мм* для чистового.

Плоские шаберы изготовляются с прямыми (см. рис. 390, *а*) и изогнутыми (рис. 390, *б*) концами. Открытые плоскости шабрят шаберами с прямым концом; стенки пазов, канавок и смежных плоскостей, а также мягкие металлы (алюминий, цинк, баббит и др.) — шаберами с отогнутым концом.

Длина плоских двусторонних шаберов составляет 350—400 *мм*. Ширина шабера для грубого шабрения принимается от 20 до 25 *мм*, для точного — 5—10 *мм*. Толщина конца режущей части колеблется от 2 до 4 *мм*. Угол заострения у шаберов (рис. 390, *д*) принимают для чернового шабрения 70—75°, для чистового 90°.

Двусторонний плоский шабер (см. рис. 390, *в*) благодаря наличию двух режущих концов имеет большой срок службы.

Трехгранные шаберы (рис. 390, *г*) применяют для шабрения вогнутых и цилиндрических поверхностей. Как правило, их изготовляют только односторонними. Трехгранные шаберы имеют длину 190, 280, 380 и 510 *мм*.

Для облегчения заточки плоскостей шабер имеет желобки, образующие режущие кромки с углом заострения 60—75°.

Составные шаберы значительно легче целых шаберов

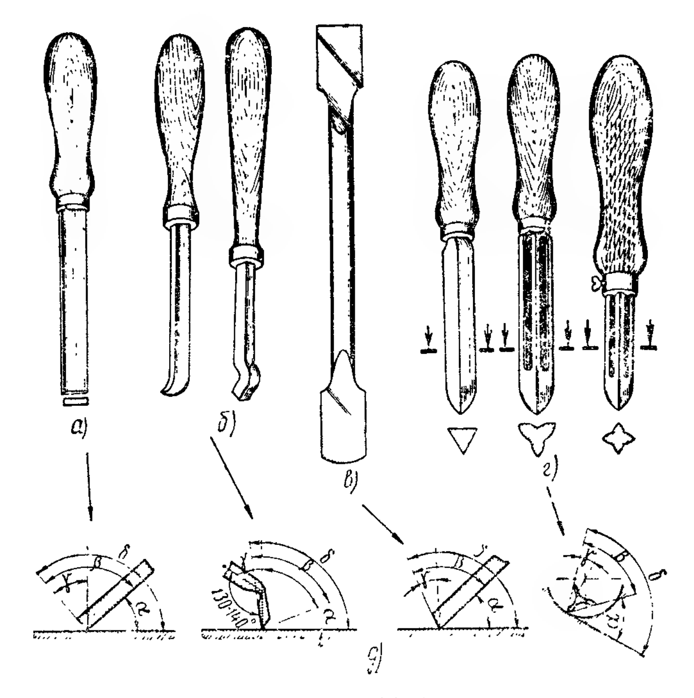


Рис. 390. Шаберы:

а — плоский односторонний, *б* — с изогнутым концом, *в* — плоский двусторонний, *г* — трех- и четырехгранные, *д* — углы заточки

тех же размеров. По форме режущей части они делятся на плоские, трехгранные прямые и трехгранные изогнутые (рис. 391, *а*, *б*, *в*). Такие шаберы при работе пружинят, а это повышает чувствительность рук шабровщика и способствует повышению точности шабрения.

Шабер с радиусной заточкой (рис. 392) благодаря плавности и легкости проникновения в металл значительно облегчает шабрение, так как требует приложения меньших усилий, чем при шабрении плоским шабером. Для предварительного шабрения радиус заточки составляет 30—40 *мм*, а для окончательного — 40—55 *мм*.

На рис. 393 показан универсальный шабер со сменными режущими пластинками. Он состоит из корпуса *3*, держателя *2*, рукоятки *5*, зажимного винта *4*, сменной режущей пластинки *1* из быстрорежущей стали или твердого сплава. Пластинка, вставленная в держатель, зажимается винтом при вращении ручки шабера по направлению часовой стрелки (для снятия пластинки ручку вращают против часовой стрелки).

Усовершенствованный шабер состоит из трех частей: державки, деревянной рукоятки и сменной пластинки (рис. 394). Сменная пластинка с хвостовиком типа «ласточкин хвост» вставлена в паз державки, это обеспечивает надежное ее крепление.

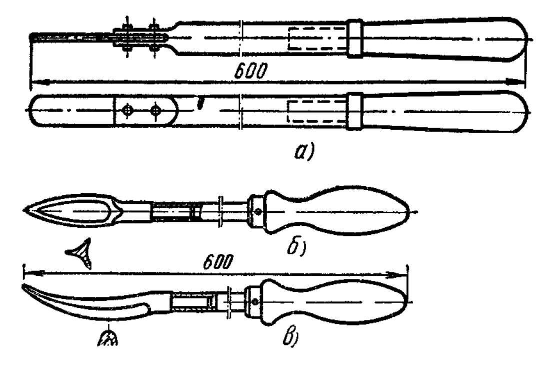


Рис. 391. Составные шаберы:
а — плоский, *б* — трехгранный прямой, *в* — трехгранный изогнутый

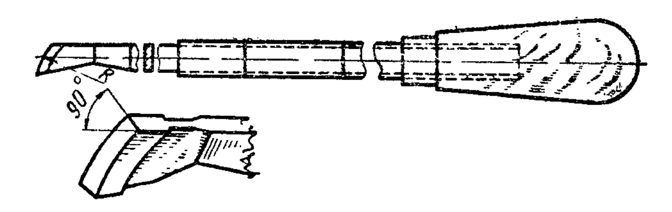


Рис. 392. Составной шабер с радиусной заточкой В. А. Алексеева

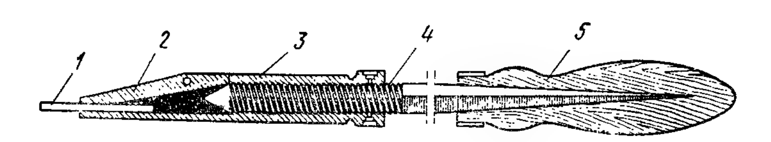


Рис. 393. Шабер со сменными режущими пластинками

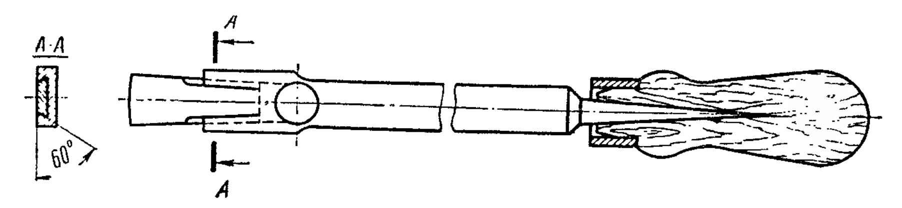


Рис. 394. Шабер усовершенствованной конструкции

На рис. 395 показан наиболее совершенный шабер, состоящий из сменной пластинки *1*, зажимного патрона *2* и стержня *3*. Пластинки таких шаберов изготовляют размером 3×16×50 *мм* из стали У12А, а стержень — из стали 45.

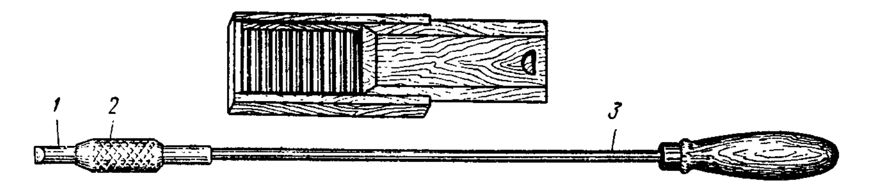


Рис. 395. Шабер с зажимным патроном

Если шабер предназначен для работы по белому чугуну или другому твердому металлу, то применяют пластинки из твердого сплава, например ВК6 или Т15К6. Замена затупленной пластинки производится путем поворота рукоятки (стержня), так как губка зажимной части патрона соединена с корпусом шарнирно. Такая конструкция шабера допускает применение комплекта пластинок, заточенных под разными углами (рис. 395 сверху).

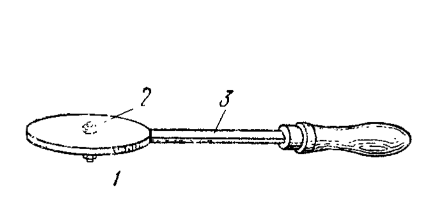


Рис 396. Дисковый шабер:
1 — режущий диск, *2* — гайка, *3* — державка

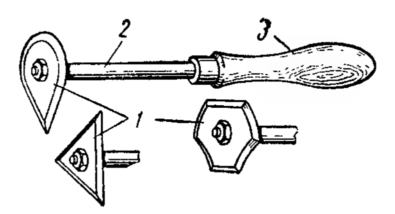


Рис. 397. Фасонный шабер:
1 — набор пластин, *2* — стержень, *3* — рукоятка

Дисковый шабер (рис. 396) применяется для шабрения широких плоскостей. Режущая часть *1* представляет собой стальной закаленный диск, закрепленный на державке *3* гайкой *2*. Диск диаметром 50—60 *мм*, толщиной 3—4 *мм* затачивается на круглошлифовальном станке. По мере затупления его поворачивают на некоторый угол и работают незатупившимся участком. Таким образом используется весь диск шабера, что значительно экономит время на заточку, повышает производительность труда.

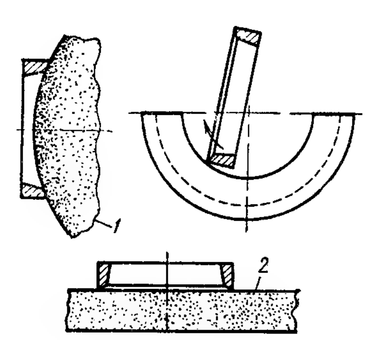


Рис. 398. Шаберы-кольца и их заточка:
1 — шлифовальный круг, *2* — доводочный (мелкозернистый) круг

Фасонный шабер (рис. 397) представляет собой набор сменных стальных закаленных пластин *1*,

закрепленных на стержне *2* с рукояткой *3*. Эти шаберы предназначены для шабрения в труднодоступных местах — впадин, замкнутых контуров, желобков, канавок и других фасонных поверхностей. Торцовые грани пластинок затачивают в соответствии с формой обрабатываемых поверхностей.

Шаберы-кольца изготовляются из изношенных конических роликовых подшипников, эти шаберы заменяют трехгранный и изогнутый шабер и уменьшают количество переточек. Их затачивают на шлифовальном круге *1* (рис. 398) и доводят торец на мелкозернистом круге *2*. Эти шаберы обеспечивают значительно большую производительность, чем трехгранные.

§ 129. ЗАТОЧКА И ДОВОДКА ШАБЕРОВ

Часто величину угла заострения β режущей части шабера для стали принимают 75—90° в связи с тем, что при установке шабера под углом $\alpha = 15 \div 25°$ угол резания $\delta = 105 \div 115°$. Такой угол заострения обеспечивает наиболее легкое снятие металла, так как шабер излишне не врезается в металл. Однако в ряде случаев целесообразно величину углов выбирать в зависимости от характера работы, твердости обрабатываемого металла и формы шабера.

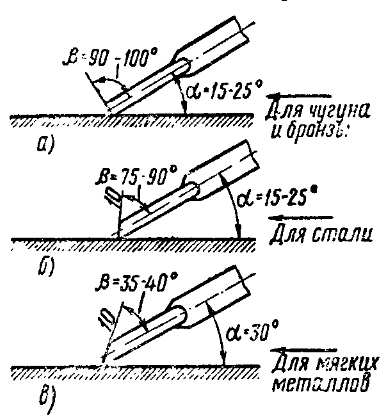


Рис. 399 Геометрия заточки шаберов для обработки:
а — чугуна и бронзы, *б* — стали, *в* — мягких металлов

На рис. 399, *а* показана заточка шабера для обработки чугуна и бронзы, а на рис. 399, *б* — для обработки стали. Заточка шабера под углом 35—40° (рис. 399, *в*) для чернового шабрения мягких металлов, предложенная В. С. Горбуновым и Н. И. Пахневым (станкостроительный завод имени Орджоникидзе), позволяет увеличить толщину стружки до 0,1 *мм* вместо 0,01 *мм*.

Затупленные шаберы затачивают на заточном станке с охлаждением на корундовом круге зернистостью не крупнее 60 и твердостью СМ1 или СМ2 в следующем порядке: шабер берут правой рукой за рукоятку, а левой обхватывают его как можно ближе к рабочему концу. Опираясь плоской гранью шабера на подручник, плавно подводят торцовый конец к кругу. Положение шабера должно быть горизонтальным, а ось его должна совпадать с центром круга (рис. 400, *а*).

Плавным движением правой руки, не отнимая конца шабера от круга, делают небольшие горизонтальные движения для образования на торцовой части криволинейной режущей кромки. Большую

кривизну придают для точного шабрения, меньшую — для предварительного (рис. 400, *в*).

Заточка широкой грани шабера (рис. 400, *б*) осуществляется так же.

После заточки на лезвии шабера получаются заусенцы и неровности, поэтому лезвие после заточки правят (доводят), причем так, чтобы на нем нельзя было обнаружить под лупой (увеличение в 2,5 раза) неровности, снижающие качество шабрения. Шабер до-

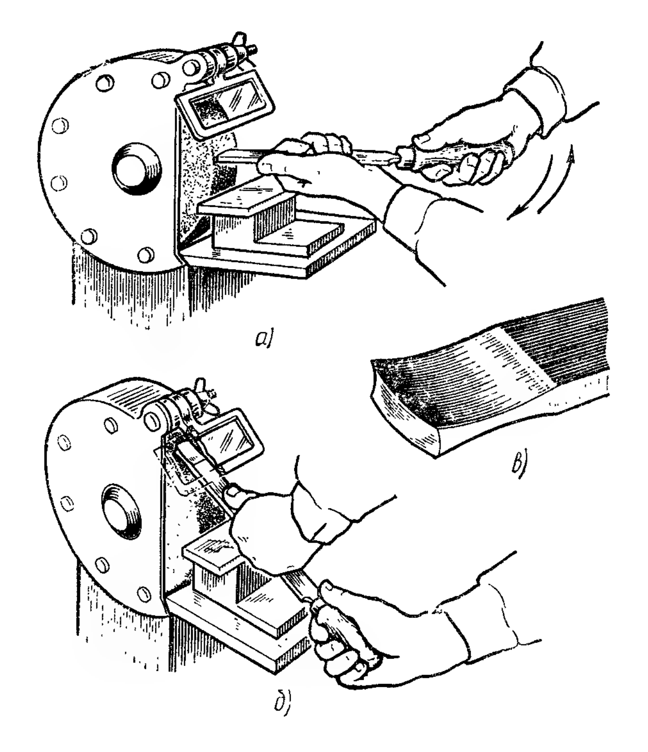


Рис. 400. Заточка плоского шабера:
а — с торца, *б* — по плоскости, *в* — вид режущей кромки после заточки

водят на абразивных брусках зернистостью 90 и выше. Поверхность бруска смазывают тонким слоем машинного масла. Вместо оселка при заправке шаберов можно применять ровную чугунную плитку, которую покрывают жидкой пастой из наждачного 60-минутного порошка с машинным маслом. Оселок во время заправки помещают на деревянную неподвижную подкладку, в которой вырезано гнездо по размеру оселка. При доводке торцовую часть шабера устанавливают на оселок (рис. 401, *а*), двумя пальцами левой руки шабер удерживают за рукоятку, слегка прижимая его к оселку, а правой рукой совершают колебательные движения.

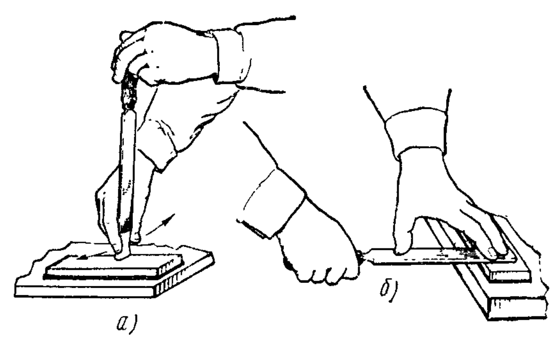


Рис. 401. Доводка (заправка) шабера на бруске:
а — торцовой поверхности, *б* — по плоскости

После доводки (заправки) режущей части шабера правят по плоскости (участки широких граней, прилегающие к торцу). Двумя руками удерживая шабер в горизонтальном положении на оселке (рис. 401, *б*), делают движения вдоль режущих кромок. Для точного шабрения и окончательной доводки режущей части шабера (получения зеркальной поверхности) применяют пасты ГОИ (Государственного оптического института). Заточку пластинок с твердосплавным лезвием ведут на заточном круге из зеленого карбида кремния. Пластинки из твердых сплавов доводят на чугунной плите, покрытой мелкозернистым абразивным порошком, или на мелкозернистых абразивных брусках.

Повторно шабер заправляют сразу, как только почувствуют небольшое затупление. В среднем за 7 *ч* работы шабер заправляют 4—6 раз в зависимости от характера шабрения и от обрабатываемого материала.

Необходимое качество заточки шаберов может быть достигнуто только при полной исправности заточного станка и оснащении его соответствующими кругами.

§ 130. ОСНОВНЫЕ ПРИЕМЫ ШАБРЕНИЯ

Перед шабрением поверхности очищают, промывают, протирают, затем наносят на них краску.

Краски для шабрения. После протирки заготовки перед шабрением выявляют неровности путем окрашивания поверхностей краской. Шабровочная краска представляет собой смесь машинного масла с лазурью и реже с суриком и ультрамарином (синька), которые в отличие от лазури плохо смешиваются с маслом и нечетко видны на детали. Лазурь можно заменить сажей, замешенной на смеси автола с керосином.

Краску измельчают так, чтобы между пальцами не ощущалось зерен. Затем краску насыпают в баночку (металлическую или стеклянную) и вливают туда масло. Количество машинного масла в

смеси должно быть таким, чтобы краска имела консистенцию пасты, но не жидкой, так как излишек масла будет расплываться по контрольной плите и проверяемая поверхность при наложении ее на плиту вся покроется краской.

Окрашивание поверхности. Краску наносят на поверхность плиты тампоном (рис. 402, *а*) из чистых льняных тряпок, сложенных в несколько слоев. Удобно наносить краску также мешочком, изготовленным из чистого полотна (холста), в который накладывают краску.

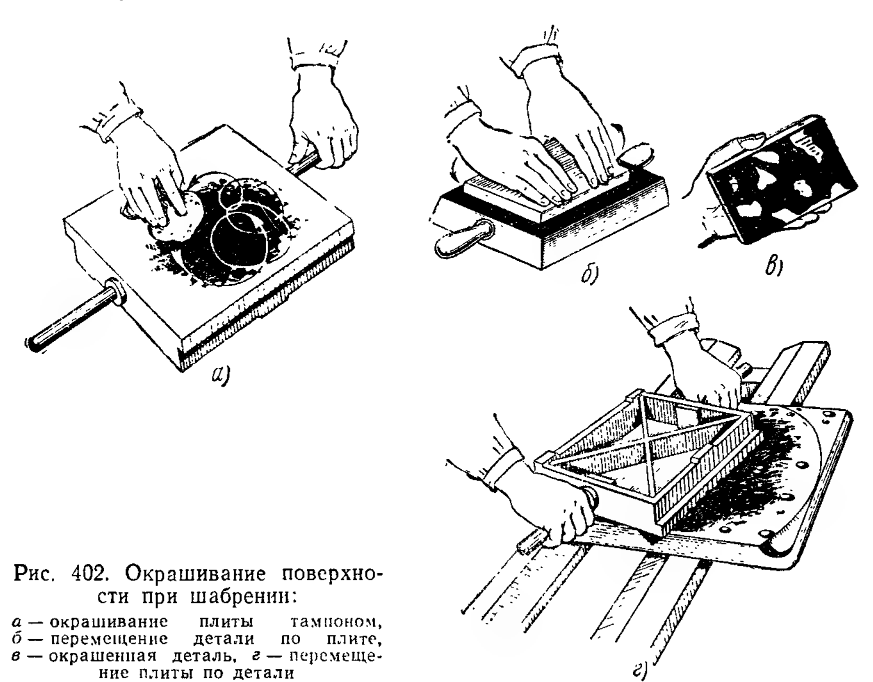


Рис. 402. Окрашивание поверхности при шабрении:

а — окрашивание плиты тампоном, *б* — перемещение детали по плите, *в* — окрашенная деталь, *г* — перемещение плиты по детали

Мешочек и тампоны в паузах между окрашиваниями кладут в чистую стеклянную посуду или жестяную баночку. Ни в коем случае не следует класть в мешочек сухую краску и обмакивать его в масло.

Перед окрашиванием с поверхности детали удаляют стружку и грязь волосяной щеткой или чистой тряпкой, деталь осторожно накладывают обрабатываемой поверхностью на поверхность плиты и медленно передвигают. Для достижения равномерного износа плиты необходимо использовать всю ее поверхность.

После двух-трех круговых движений по плите (рис. 402, *б*) деталь осторожно снимают. На хорошо обработанных поверхностях краска ложится равномерно по всей поверхности (рис. 402, *в*), на плохо подготовленных — неравномерно. В небольших углублениях краска будет скапливаться, а в местах более углубленных ее

вообще не будет. Так возникают белые пятна — наиболее углубленные места, не покрытые краской; темные пятна — менее углубленные, в них скопилась краска; серые пятна — наиболее выступающие, на них краска ложится тонким слоем.

При определении неровностей на поверхностях тяжелых деталей, не снимаемых с места, закрашенный поверочный инструмент — плиту (рис. 402, *г*) или линейку — перемещают по контролируемым поверхностям.

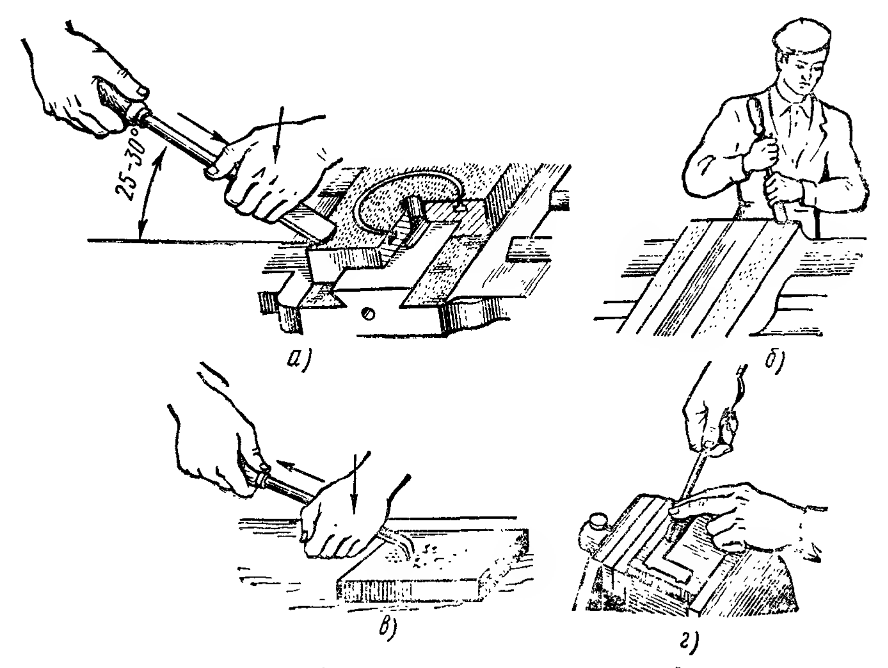


Рис. 403. Приемы шабрения плоских деталей:
а — «от себя», *б* — «на себя», *в*, *г* — при отделочных операциях

Легкие детали (изделия) при шабрении устанавливают на слесарном верстаке, а крупные и тяжелые — на козлах.

Процесс шабрения заключается в постепенном снятии металла с окрашенных участков (серые пятна). Шабер держат правой рукой за рукоятку, а левой нажимают на конец шабера (рис. 403, *а*). По отношению к обрабатываемой поверхности шабер устанавливают под углом 25—30°, а режущая кромка шабера находилась на окрашенной поверхности. Металл снимают скоблением. Рабочим ходом при шабрении является движение вперед, т. е. от себя, а при работе плоским шабером с отогнутым вниз концом — движение назад, т. е. на себя. При движении назад (холостой ход) шабер приподнимают.

§ 131. ШАБРЕНИЕ ПРЯМОЛИНЕЙНЫХ ПОВЕРХНОСТЕЙ

Для получения поверхности высокого качества последовательно выполняют черновое, получистовое и чистовое шабрение.

Черновое шабрение (предварительное) заключается в грубой обработке поверхности: удаляют следы и риски предыдущей обработки. Работу выполняют шабером шириной 20—30 *мм* при длине рабочего хода 10—15 *мм*. Направление шабера непрерывно меняют так, чтобы последующий штрих шел под углом 90° к предыдущему.

За один ход шабера снимают слой толщиной 0,02—0,05 *мм*. Шабрят до тех пор, пока не исчезнут видимые риски. Качество шабрения проверяют на краску, которую наносят на поверочную плиту. После наложения и движения (плиты или детали) обнаруженные выступающие места снова шабрят.

Получистовое шабрение (точечное) заключается в снятии только серых, т. е. наиболее выступающих мест, выявляемых проверкой на краску. Работу выполняют плоским узким (12—15 *мм*) шабером при длине рабочего хода от 5 до 10 *мм*; за один ход шабера снимают слой толщиной 0,01—0,02 *мм*.

Чистовое шабрение (отделочное) применяют для получения очень высокой точности поверхности. При легком нажиме на шабер снимают тонкий (8—10 *мкм*) слой. Применяют шаберы шириной от 8 до 10 *мм* при длине рабочего хода 4—5 *мм* (мелкие штрихи).

Прием шабрения от себя имеет следующие недостатки:

недостаточно устойчив при рабочем ходе шабер, вследствие чего стружка неодинакова по сечению, поверхность получается неровной и рваной;

в конце каждого движения шабер оставляет заусенцы, которые приходится снимать дополнительно.

Шабер конструкции А. А. Барышникова отличается от обычных большей длиной (до 500 *мм*), что позволяет шабрить приемом «на себя». При работе этим приемом шабер берут за среднюю часть обеими руками в обхват и устанавливают к обрабатываемой поверхности не под углом 30°, как это делается при шабрении приемом «от себя», а под углом 75—80° (рис. 403, *б*). Верхний конец шабера, на котором имеется деревянная ручка, упирается в плечо рабочего.

Преимущества этого приема шабрения:

увеличенная длина шабера позволяет использовать, кроме рук, также и плечо работающего, шабер оказывается более устойчивым. Кроме того, длинный шабер пружинит, поэтому режущая часть его врезается в металл и выходит из металла плавно: поверхность при этом получается более ровная, без рванин, а в конце штриха не остается заусенцев;

прием шабрения «на себя» в 1,5—2 раза производительнее приема шабрения «от себя».

Шабрение при отделочных операциях показано на рис. 403, *в*, *г*.

Шабрение плоскостей, расположенных под острыми углами — суппортов, кареток, консолей, станин и других частей металлорежущих станков, представляющих собой сопряжения типа «ласточкин хвост», выполняют трехгранными шаберами.

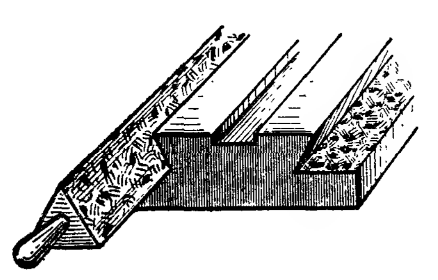


Рис. 404. Нанесение краски перед шабрением направляющих типа «ласточкин хвост»

Перед шабрением направляющих типа «ласточкин хвост» (рис. 404) трехгранной линейкой, покрытой краской, выявляют выступающие места. Шабрят плоскости, расположенные под острыми углами, так же, как и параллельные.

Метод трех плит является весьма точным, дающим возможность получить правильные плоскости независимо от точности имеющегося поверочного инструмента.

Этот метод состоит в следующем: каждой из трех одинаковых размеров и массы плит, предварительно простроганных или опиленных, прошедших искусственное старение (для снятия внутренних напряжений), присваивается порядковый номер и на них наносят клейма: на первую плиту № 1, на вторую № 2 и на третью № 3 (рис. 405).

После указанной подготовки плиты шабрят в такой последовательности:

I переход — плиту № 1 пришабривают по плите № 2;

II переход — плиту № 1 пришабривают по плите № 3;

III переход — плиту № 2 пришабривают по плите № 3;

IV переход — плиту № 2 пришабривают по плите № 1;

V переход — плиту № 3 пришабривают по плите № 1;

VI переход — плиту № 3 пришабривают по плите № 2.

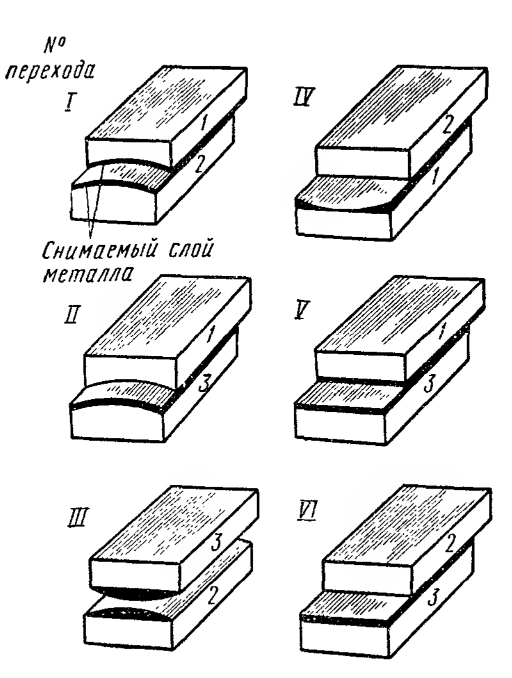


Рис. 405. Шабрение по методу трех плит

Такое чередование плит дает возможность после каждой пригонки

плиты получать более точную поверхность и в конце работы все три плиты будут совершенно точными. Отклонение от плоскостности плит на рисунке показано в преувеличенном виде.

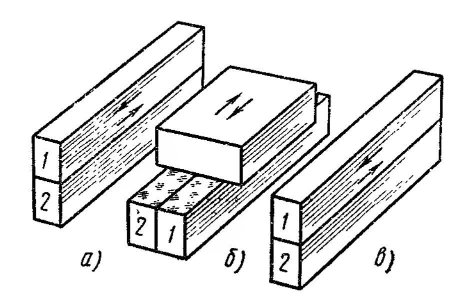


Рис. 406. Шабрение по методу совмещения граней:

а — пригонка двух граней, *б* — совмещенная пригонка, *в* — повторение перехода *а*

Шабрение по методу совмещения граней дает более точные плоскости и гарантирует их перпендикулярность боковым сторонам детали. Этот метод применяется при шабрении рабочих граней деталей прямоугольно-призматической формы. Пришабривание начинается с взаимной пригонки двух рабочих граней (рис. 406, *а*). После этого обработанные грани совмещают друг с другом (рис. 406, *б*). Это совмещение дает возможность одновременно проверить обе шаброванные поверхности одной и той же контрольной плитой. После окончания этого цикла переходов процесс повторяют (рис. 406, *в*). По этому методу пришабривают грани детали параллельно одной из ее сторон, но при совмещении пользуются не боковыми, а параллельными плоскостями, установив деталь на второй контрольной плите, и процесс обработки таким образом ведут между двумя контрольными плитами.

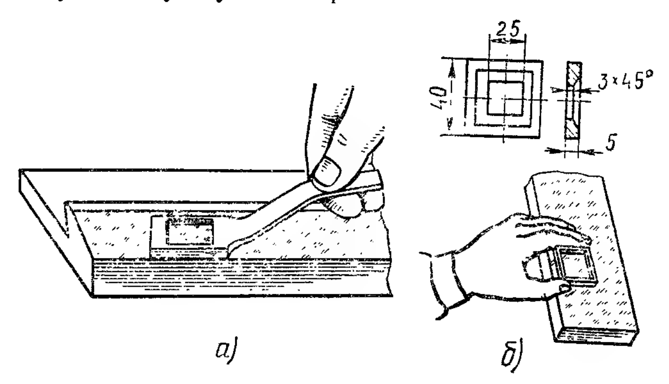


Рис. 407. Рамка (*а*) и контроль ею (*б*) качества шабрения

Точность шабрения и контроль качества. Шабрением можно получить высокие точность (0,003—0,01 *мм*) и чистоту обработки. Качество шабрения определяют по числу пятен (точек), приходящихся на единицу обработанной поверхности. Чем больше это число, тем выше точность обработанной поверхности. Для определения степени точности служит квадратная рамка 25×25 *мм* (рис. 407, *б*), которую накладывают на пришабренную

поверхность и считают число пятен. Для удобства рамку делают с ручкой (рис. 407, *а*).

Шабрение заканчивают при следующих числах пятен на поверхности, ограниченной рамкой 25×25 *мм*: черновое 4—6, получистовое 8—16, чистовое 20—25.

§ 132. ШАБРЕНИЕ КРИВОЛИНЕЙНЫХ ПОВЕРХНОСТЕЙ

Шабрение криволинейных поверхностей, например подшипников, выполняют следующим образом. На вал или шейку вала, с которой должен сопрягаться подшипник, равномерно наносят тонкий слой краски, вал вкладывают во вкладыш подшипника (рис. 408, *а*) или вкладыш подшипника на шейку вала и легким усилием поворачивают его, после чего снимают вал (рис. 408, *б*) и шабрят трехгранным шабером выступающие места (рис. 408, *в*).

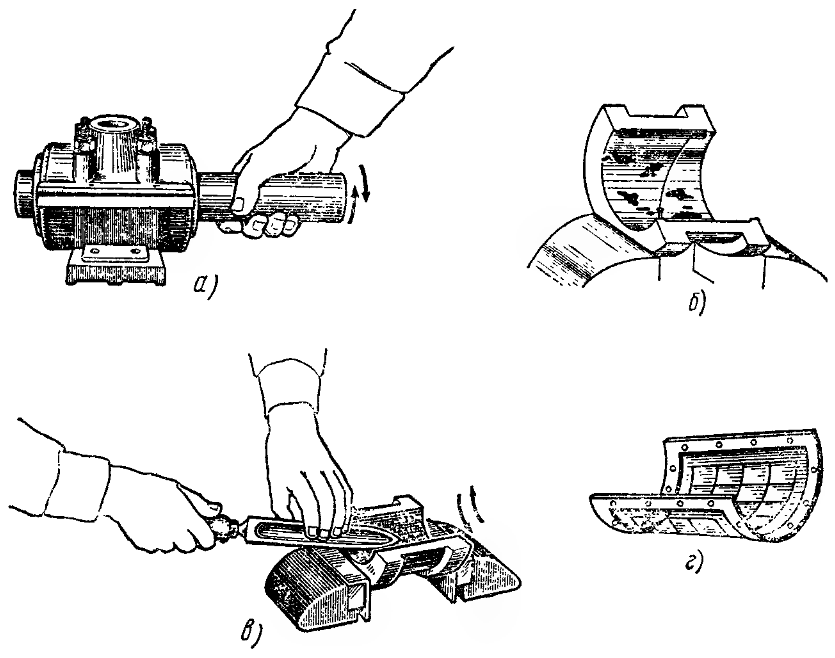


Рис. 408. Шабрение криволинейных поверхностей:
а — нанесение краски на вал, *б* — вкладыш со следами краски, *в* — прием шабрения, *г* — шаблон-сетка для проверки количества пятен после шабрения

Шабер наклоняют так, чтобы металл снимала средняя часть режущей кромки. Шабер удерживают за ручку правой рукой, слегка вращая, а левой прижимают его к обрабатываемой поверхности. Шабрение продолжают до тех пор, пока не получат необходимое количество пятен, которое определяют шаблоном-сеткой (рис. 408, *г*).

§ 133. ЗАТОЧКА И ЗАПРАВКА ТРЕХГРАННЫХ ШАБЕРОВ

При заточке шабер держат правой рукой за рукоятку, а пальцами левой руки за его канавки (желобки), расположенные на боковых гранях, и плавно с легким нажимом подводят нижнюю плоскость шабера к абразивному кругу (рис. 409, *а*).

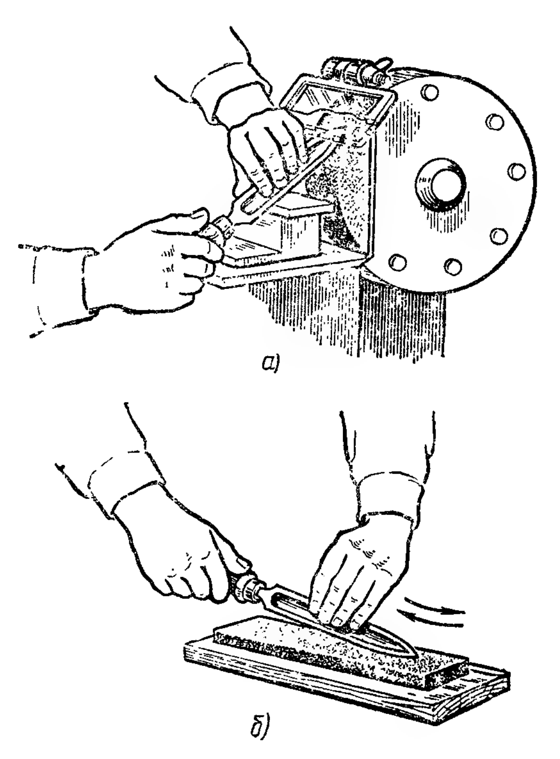


Рис. 409. Заточка на круге (*а*), правка на оселке (*б*) трехгранного шабера

При движении шабера вперед правая рука должна плавно опускаться вниз, а острый конец шабера подниматься вверх; при движении назад правая рука поднимается вверх, а острый конец шабера опускается вниз до соприкосновения с поверхностью круга. Такие плавные движения шабером делают несколько раз, создавая закругленную поверхность с острыми гранями. Поворачивая шабер второй, а затем третьей гранью, их затачивают таким же путем, как и первую грань.

Во избежание перегрева режущих кромок шабера заточку ведут с охлаждением водой. Шаберы доводят (заправляют) на корундовых или наждачных оселках, устойчиво установленных неподвижно на плите. Поверхность оселка смазывают машинным маслом. Доводку осуществляют легким нажимом левой руки и покачива-

нием правой рукой при одновременном движении боковой грани вдоль оселка (рис. 409, *б*). Остальные грани заправляют так же.

Для шабрения высокой точности шабер заправляют на чугунной плите с применением наждачного порошка, разведенного в машинном масле. Показателем правильной заправки является хорошая гладкая поверхность режущих кромок и соответствующая их острота.

§ 134. МЕХАНИЗАЦИЯ ШАБРЕНИЯ

Процесс шабрения требует затраты больших физических усилий, весьма трудоемок и удлиняет цикл производства, поэтому механизация процесса шабрения — это один из путей повышения производительности труда.

Пневматический шабер. Мелкие работы, связанные с опиливанием и пришабриванием, выполняют пневматическим шабером (рис. 410). Перед включением шабера в работу заготовку закрепляют в тисках, затем, наложив напильник на обрабатываемую поверхность, нажимают на пусковой крючок *8* и ведут обработку. Длина шабера-напильника 200 *мм*, он делает от 500 до 5000 двойных ходов в минуту. Пневматический шабер работает мягче (без резких толчков), чем электромеханический.

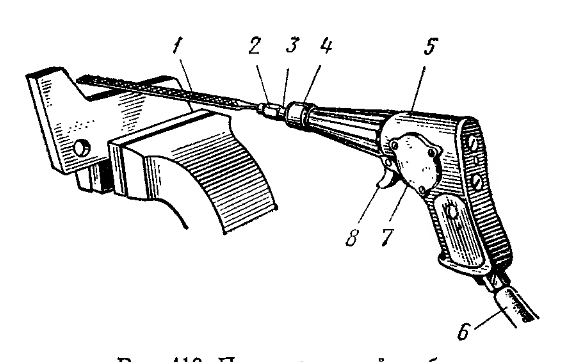


Рис. 410. Пневматический шабер:
1 — шабер-напильник, *2* — цанговый патрон, *3* — поршень, *4* — втулка, *5* — поршневая коробка, *6* — шланг, *7* — турбинка, *8* — пусковой крючок

Электромеханический шабер. На рис. 411 показан электромеханический шабер, который приводится в действие от электродвигателя *1*, подвешенного на тележке *2* к монорельсу. Электродвигатель через редуктор *3*, с которым соединен гибкий вал *4*, приводит в движение кривошип *5*, последний сообщает возвратно-поступательное движение инструменту *6*. Электромеханический шабер может перемещаться по монорельсу вдоль мастерской, а при другом варианте монтажа тележки — по полу.

В электромеханическом шабере вращательное движение гибкого вала, получаемое от электродвигателя, преобразовывается в возвратно-поступательное движение инструмента. Рабочий левой рукой давит на шабер, прижимая его к обрабатываемой поверхности, а правой рукой поддерживает шабер за рукоятку.

Установка с шабровочной головкой. На рис. 412 показана стационарная установка для шабрения. Она имеет элек-

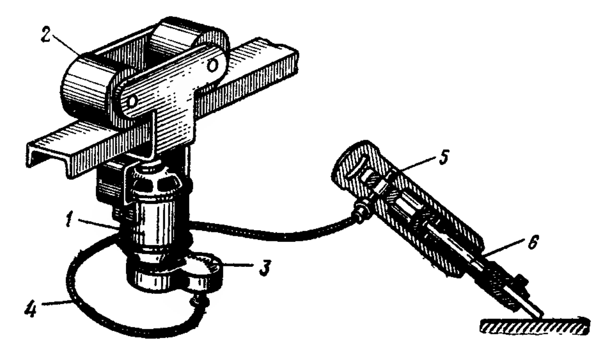


Рис. 411. Электромеханический шабер:
1 — электродвигатель, 2 — тележка, 3 — редуктор, 4 — гибкий вал, 5 — кривошип, 5 — инструмент

тродвигатель 1 мощностью до 0,6 *квт*, установленный в кронштейне 2 станины 3. Клиноременная передача 6 передает вращательное движение от электродвигателя с помощью гибкого вала 5 шабровочной головке 4. Применение ступенчатых шкивов в клиноременной передаче позволяет получать разное число ходов инструмента.

Электромеханический и пневматический шаберы, а также установка с шабровочной головкой имеют существенные недостатки, ограничивающие их применение: трудность регулировки движения их, сравнительно сильные толчки, невозможность регулировки усилия, передаваемого инструменту.

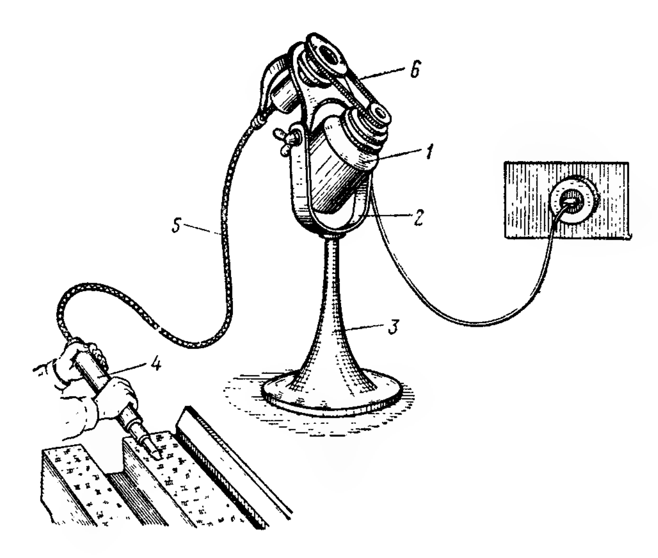


Рис. 412. Стационарная установка шабровочной головки:
1 — электродвигатель, 2 — кронштейн, 3 — станина, 4 — головка, 5 — гибкий вал, 6 — клиноременная передача

§ 135. ЗАМЕНА ШАБРЕНИЯ ДРУГИМИ ВИДАМИ ОБРАБОТКИ

Наиболее эффективным путем повышения производительности является замена шабрения тонким строганием, шлифованием.

Тонкое строгание вместо шабрения применяется на многих машиностроительных заводах при обработке направляющих, в том числе базовых деталей крупных и тяжелых станков. Особенно экономически выгодно это при строгании длинных плоских поверхностей. Время обработки при строгании сокращается по сравнению с шабрением в десятки раз.

Тонкое строгание осуществляется широколезвийными (до 40 *мм*) резцами из быстрорежущей стали или твердых сплавов с большими подачами (до 0,5 ширины резца) за 2—3 прохода без охлаждения, а также особо широкими резцами (до 120 *мм*) протягиванием с охлаждением керосином за 1—2 прохода без подачи. Керосин подается равномерно и непрерывно на лезвие резца через отверстие в его полости.

На предварительных проходах глубина резания составляет 0,1—0,25 *мм*, а на окончательном проходе 0,05—0,1 *мм*. Резцы сборные с пластинками из быстрорежущей стали или твердого сплава.

При тонком строгании обеспечивается получение чистоты поверхности 7—8-го классов и выдерживается допуск по непрямолинейности и неплоскостности 0,02/1000 *мм*. Недостатком этого вида обработки является большая затрата времени на установку деталей на станке, а также их выверку, крепление, а затем снятие.

Шлифование вместо шабрения выполняется разными способами: на специальных станках, на продольно-строгальных станках специальными головками и, наконец, универсальными

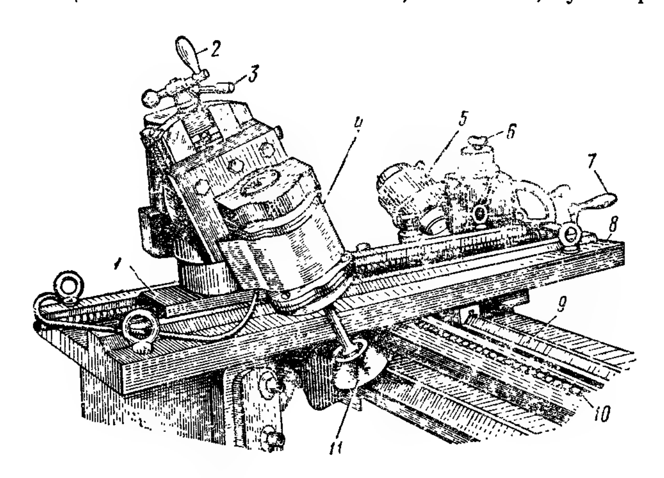


Рис. 413. Самодвижущаяся шлифовальная головка:

1 — верхняя плита, *2*, *3* — рукоятки суппортов для установки на угол, *4*, *5* — электродвигатели, *6* — переключатели, *7* — рукоятка поперечного перемещения, *8* — плита, *9* — призматические направляющие, *10* — роликовая цепь, *11* — чашечный абразивный круг

переносными приспособлениями, закрепляемыми непосредственно на крупных деталях.

В условиях мелкосерийного производства, особенно в ремонтном деле, широко применяют самодвижущиеся шлифовальные головки Уральского турбомоторного завода (г. Свердловск) (рис. 413). Особенностью этой головки является то, что изделие (на рисунке станина станка) стоит неподвижно, а по станине перемещается приспособление с вращающимся абразивным кругом и шлифует ее направляющие.

Самодвижущаяся головка работает следующим образом. Своими призматическими направляющими *9* плита *8* головки, несущая все механизмы, устанавливается на обрабатываемые поверхности станины. На плите имеется звездочка, которая катится по натянутой роликовой цепи *10* и увлекает за собой всю головку.

Звездочка получает вращение от электродвигателя *5* через червячную передачу. Для изменения движения головки в обратную сторону изменяется направление вращения электродвигателя подачи вручную через переключатель *6*.

На верхней плите *1* при помощи двух поворотных суппортов установлен рабочий электродвигатель *4*, на конец вала которого насажен чашечный абразивный круг *11*. Головка может устанавливаться под нужным углом с помощью рукояток *2* и *3* винтовых суппортов. Для перемещения в поперечном направлении производится вращение рукоятки *7*.

Применение самодвижущихся головок заменяет тяжелые и мало производительные шабровочные работы, а также сокращает более чем в три раза время на обработку.

Таблица 8

Брак при шабрении и его предупреждение

Брак	Причина	Способ предупреждения
Окрашивание середины или края	Недоброкачественная предварительная обработка поверхности	Шабрить после доброкачественной предварительной обработки
Блестящие полосы	Шабрение в одном направлении	Производить шабрение в различных направлениях, перекрещивая штрихи под углом 40—60°
Неравномерное расположение пятен	Шабрение длинными штрихами или сильный нажим на шабер	Добиваться нормального нажима на шабер, не делать длинных рабочих ходов (при черновом шабрении не более 10—15 *мм*, а при получистовом — 5—10 *мм*, чистовом 4—5)
Глубокие впадины	Плохо подготовлена поверхность к шабрению Сильный нажим на шабер	Подготавливать деталь к шабрению предварительным опиливанием и черновым шабрением, снимать шабером тонкий слой металла

Виды брака при шабрении. Наиболее распространенные виды брака при шабрении и меры его предупреждения приведены в табл. 8.

Техника безопасности при шабрении. При шабрении необходимо выполнять следующие правила по технике безопасности:

обрабатываемая деталь должна быть надежно установлена и прочно закреплена;

не допускается работа неисправными шаберами (без ручек или с треснувшими ручками);

при выполнении работ шлифовальными головками соблюдать правила электробезопасности.

Вопросы для самопроверки

1. Почему черновое шабрение выполняют при меньшем угле установки шабера, а чистовое шабрение — при бо́льшем угле?
2. В чем сущность шабрения разъемного вкладыша подшипника?
3. По каким причинам при шабрении возникает брак?
4. В чем сущность шабрения по методу трех плит?

Глава XXIX
РАСПИЛИВАНИЕ И ПРИПАСОВКА

§ 136. РАСПИЛИВАНИЕ

Распиливанием называется обработка отверстий с целью придания им нужной формы. Обработка круглых отверстий производится круглыми и полукруглыми напильниками; трехгранных отверстий — трехгранными, ножовочными и ромбическими напильниками; квадратных — квадратными напильниками.

Подготовка к распиливанию начинается с разметки и накернивания разметочных рисок, затем сверлят отверстия по разметочным рискам и вырубают проймы, образованные высверливанием. Наилучшей получается разметка на металлической поверхности, отшлифованной наждачной бумагой.

Под распиливание сверлят одно отверстие, когда пройма небольшая; в больших проймах сверлят два или несколько отверстий в целях оставления наименьшего припуска на распиливание. Большие перемычки трудно удалить из просверленной проймы, однако нельзя располагать отверстия и слишком близко во избежание сдваивания, что может привести к поломке сверла.

Распиливание в заготовке воротка квадратного отверстия. Вначале размечают квадрат, а в нем — отверстие (рис. 414, *а*); затем просверливают отверстие сверлом, диаметр которого на 0,5 *мм* меньше стороны квадрата. В просверленном отверстии пропиливают четыре угла квадратным напильником, не

доходя 0,5—0,7 *мм* до разметочных рисок, после чего распиливают отверстие до разметочных рисок в такой последовательности: вначале пропиливают стороны *1* и *3*, затем *2* и *4* и производят подгонку отверстия по метчику так, чтобы он входил в отверстие только на глубину 2—3 *мм*.

Дальнейшую обработку сторон (рис. 414, *б*) производят до тех пор, пока квадратная головка легко, но плотно не войдет в отверстие.

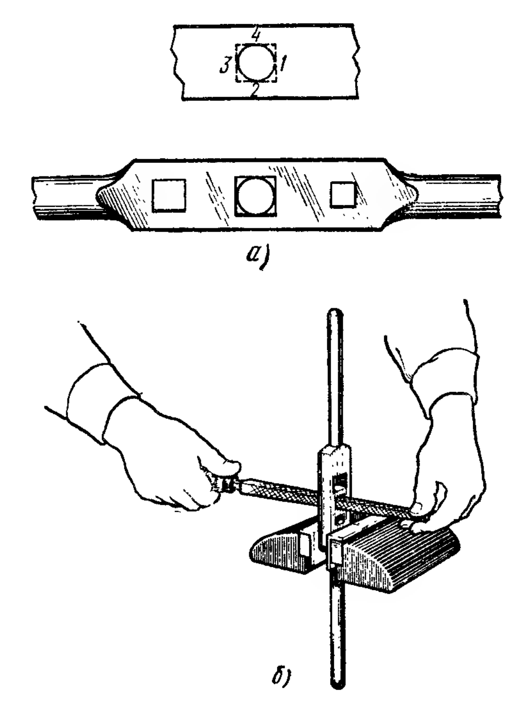


Рис. 414. Распиливание квадратного отверстия:
а — разметка, *б* — прием распиливания

Распиливание в заготовке трехгранного отверстия. Размечают контур треугольника, а в нем — отверстие и сверлят его сверлом, не касаясь разметочных рисок треугольника (рис. 415, *а*). Затем в круглом отверстии пропиливают три угла и последовательно распиливают стороны *1*, *2* и *3*, не доходя 0,5 *мм* до разметочной риски, после чего подгоняют стороны треугольника (рис. 415, *б*).

При работе трехгранным напильником стремятся избежать поднутрения сторон, опиливают строго прямолинейно. Точность обработки проверяют вкладышем (рис. 415, *в*).

При подгонке следует следить за тем, чтобы вкладыш входил в распиливаемое отверстие свободно, без перекоса и плотно. Зазор между сторонами треугольника и вкладышем при проверке щупом должен быть не более 0,05 *мм*.

§ 137. ПРИПАСОВКА

Припасовкой называется взаимная пригонка двух деталей, сопрягающихся без зазора. Припасовывают как замкнутые, так и полузамкнутые контуры. Припасовка характеризуется большой точностью обработки. Из двух припасовываемых деталей отверстие принято называть проймой, а деталь, входящую в пройму,— вкладышем.

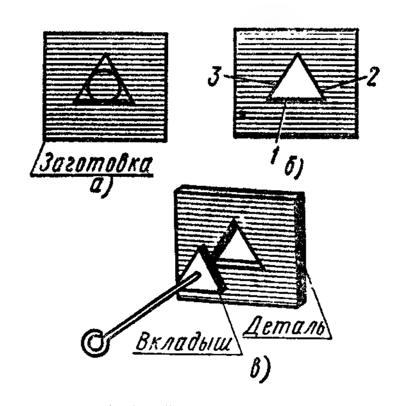


Рис. 415. Распиливание трехгранного отверстия:
а — разметка, б — порядок распиливания, в — проверка вкладышем

При изготовлении и припасовке шаблонов с полукруглыми наружным и внутренним контурами вначале изготовляют деталь с внутренним контуром — пройму (рис. 416, *а*). К обработанной пройме подгоняют (припасовывают) вкладыш (рис. 416, *б*).

При обработке проймы сначала точно опиливают широкие плоскости как базовые поверхности, затем начерно ребра (узкие грани) *1, 2, 3* и *4*, после чего размечают циркулем полуокружность, вырезают ее ножовкой (как показано штрихом на рисунке); производят точное опиливание полукруглой выемки (рис. 416, *в*) и проверяют точность обработки вкладышем, а также на симметричность по отношению к оси при помощи штангенциркуля.

При обработке вкладыша сначала опиливают широкие поверхности, а потом ребра *1*, *2* и *3*. Далее размечают и вырезают ножовкой

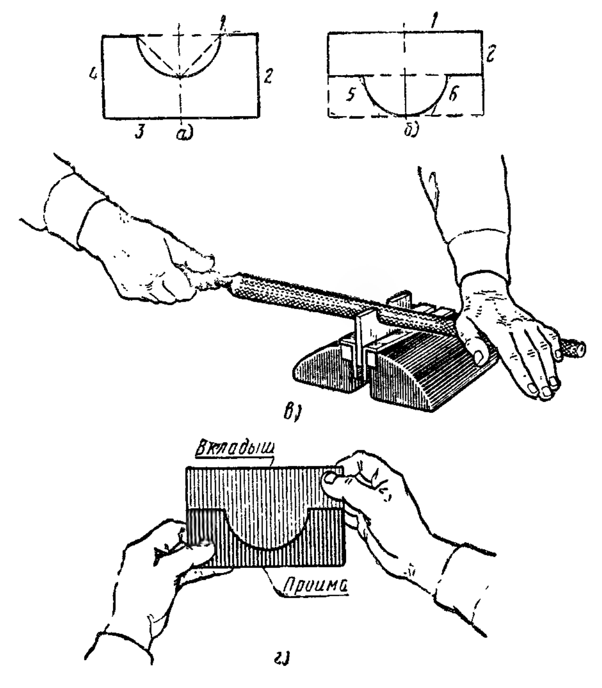


Рис. 416. Припасовка:
а — разметка, б — подгонка, в — опиливание, г — проверка вкладышем

углы. После этого производят точное опиливание и припасовку ребер *5* и *6*. Затем выполняется точное опиливание и припасовка вкладыша к пройме. Точность припасовки считается достаточной, если вкладыш входит в пройму без перекоса, качки и просветов (рис. 416, *г*).

При изготовлении и припасовке косоугольных вкладышей и пройм типа «ласточкин хвост» (рис. 417, *а*) сначала обрабатывают

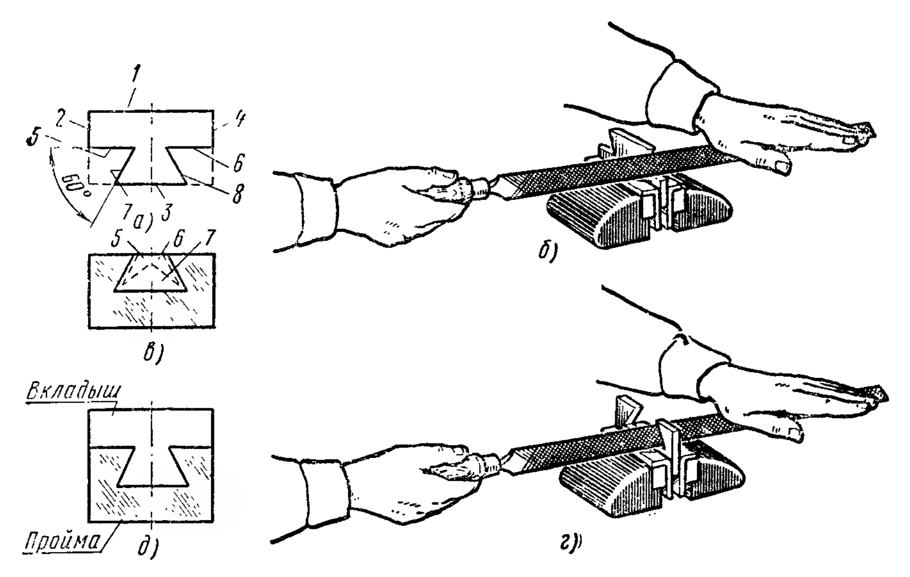


Рис. 417. Припасовка косоугольных вкладышей:
а — разметка, *б* — опиливание наружной поверхности, *в* — вырезка слоя металла, *г* — опиливание внутренних углов, *д* — проверка вкладышем

вкладыш (обработка и проверка его проще). Обработку ведут в следующем порядке. Вначале точно опиливают широкие плоскости как базовые поверхности, затем все четыре узких ребра *1*, *2*, *3* и *4*. Далее размечают острые углы (рис. 417, *а*), вырезают их ножовкой и точно опиливают. Сначала опиливают ребра *5* и *6* (рис. 417, *б*) в плоскости, параллельной ребру *1*, затем ребра *7* и *8* (рис. 417, *г*) по линейке и под углом 60° к ребру *4*. Острый угол (60°) измеряют угловым шаблоном.

Пройма обрабатывается в следующем порядке. Вначале точно опиливаются широкие плоскости, после чего опиливаются все четыре ребра.

Далее производится разметка, вырезка ножовкой паза (на рис. 417, *в* показано штрихом) и опиливание ребер *5*, *6* и *7*. Сначала ширина паза делается меньше требуемой на 0,05—0,1 *мм* при сохранении строгой симметричности боковых ребер паза по отношению к оси проймы, глубина паза выполняется сразу точной по размеру. Затем при припасовке вкладыша и проймы ширина паза получает точный размер по форме выступа вкладыша. Точность

припасовки считается достаточной, если вкладыш входит в пройму туго от руки, без просветов, качки и перекосов (рис. 417, *д*).

Ручное распиливание, пригонка и припасовка — очень трудоемкие операции. В современных условиях эти операции выполняются с использованием металлорежущего оборудования общего и специального назначения, при котором роль слесаря сводится к управлению машинами и контролю размеров.

Криволинейные и фасонные детали обрабатываются на шлифовальных станках специальными профилированными абразивными кругами. Широкое применение также находят электроискровые, химические и другие методы обработки, исключающие дополнительную отделку вручную.

Однако при выполнении слесарно-сборочных, ремонтных работ, а также при окончательной обработке деталей, полученных штамповкой, выполнять эти работы приходится вручную.

Применением специальных инструментов и приспособлений добиваются повышения производительности распиливания и припасовки. К числу таких инструментов и приспособлений относятся ручные напильники со сменными пластинками и напильники из проволоки, покрытые алмазной крошкой, опиловочные призмы, опиловочные наметки и т. п.

Вопросы для самопроверки

1. Какие особенности, приемы и правила припасовки?
2. Как распиливают и припасовывают трехгранные отверстия?
3. Какие приспособления используют для распиливания и припасовки?

Глава XXX

ПРИТИРКА И ДОВОДКА

§ 138. СУЩНОСТЬ ПРОЦЕССА. ПРИТИРОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

Притиркой называется обработка поверхностей деталей посредством очень мелких зерен абразивного материала или паст, при которой снимается тончайший слой металла — до 0,02 *мм*.

Целью притирки является получение плотного, или герметичного (непроницаемого), разъемного и подвижного соединения. Притирке подвергают клапаны, краны, золотники и другие детали. Точность притирки от 0,001 до 0,002 *мм*.

Доводка служит для получения не только требуемых форм и чистоты поверхности (9—10-го классов), но и заданных размеров до 1-го класса точности. Обработанные доводкой поверхности хорошо сопротивляются износу и коррозии, что является решающим фактором для измерительных и поверочных инструментов и очень точных деталей.

Припуск на притирку составляет 0,02—0,05 *мм*, на доводку — 0,003—0,005 *мм*.

Поверхности притирают после чистового шлифования, хонингования, точного точения, фрезерования, развертывания, протягивания, шабрения и т. п.

Притирочные материалы и смазывающие вещества. К этим материалам относятся абразивные порошки, смешиваемые со смазывающими веществами, а также специальные пасты.

Различают природные (естественные) абразивы, к которым относится алмаз, корунд, наждак, кварц, известь и др., и искусственные (электрокорунд, карбид кремния, карбид бора, синтетические алмазы и др.). Абразивные материалы разделяются на твердые и мягкие.

К твердым материалам относятся материалы, твердость которых выше твердости закаленной стали; к ним относятся алмазная пыль, наждак, корунд, карбид бора, карбид кремния и др.

К мягким абразивным материалам относятся материалы, твердость которых ниже твердости закаленной стали; к ним относятся порошки из окисей хрома, железа, алюминия и олова.

Наиболее твердыми являются алмазные порошки. Следующим по твердости является карбид бора, карбид кремния, за ними корунд, наждак и крокус; в слесарном деле чаще применяют наждак.

Из мягких абразивных материалов наиболее широко применяют пасты ГОИ.

Различают три сорта пасты ГОИ: грубую, среднюю и тонкую.

Грубая паста (цвет светло-зеленый) применяется для снятия слоя металла толщиной в несколько десятых долей миллиметра, например для удаления следов обработки опиливанием, грубым шабрением, строганием, шлифованием. Детали после притирки этой пастой получают матовую поверхность.

Средняя паста (цвет зеленый) снимает слой металла, измеряемый сотыми долями миллиметра, дает более чистую поверхность без штрихов.

Тонкая паста (черного цвета с зеленоватым оттенком) служит для окончательной притирки, придает поверхности зеркальный блеск.

Алмазные пасты. Пасты из природных и синтетических алмазных порошков получили широкое распространение.

Алмазные пасты (ГОСТ 16877—71) применяются для притирки, доводки и полирования изделий из твердых сплавов, сталей различных марок и неметаллических материалов: стекла, рубина, керамики. Выпускаются пасты различных характеристик из природных и синтетических алмазов с размером зерна от 40 до 1 *мкм*. Процентное содержание порошка в пасте по весу составляет 2—50%. В состав паст входят высокомолекулярные поверхностно-активные вещества, хорошо смачивающие зерна алмаза.

По консистенции алмазные пасты делятся на твердые, мазеоб-

разные и жидкие. Обычно крупнозернистые пасты изготовляются твердой и мазеобразной (густой) консистенции. Мелкозернистые пасты изготовляют всех указанных консистенций.

Наиболее широко применяется при обработке изделий паста жидкой консистенции, которая, будучи нанесена тонким слоем на притир, обеспечивает высокое качество поверхности и точность обработки до первого класса.

Для повышения производительности при доводке сначала применяют крупнозернистые пасты, постепенно переходя на мелкозернистые.

Применение алмазных паст обеспечивает получение чистоты обрабатываемой поверхности в пределах 12—14-го классов и повышение производительности труда по сравнению с применением абразивных паст.

Смазывающие вещества способствуют ускорению обработки, сохранению остроты зерен, увеличивают точность и чистоту обработки.

§ 139. ПРИТИРЫ

Притирку выполняют специальным инструментом — притиром, форма которого должна соответствовать форме притираемой поверхности. По форме притиры делятся на плоские, цилиндрические (стержни и кольца), резьбовые и специальные (шаровые, асимметричные и неправильной формы).

Притиры могут быть подвижными и неподвижными. Подвижный притир при притирке перемещается, а деталь остается неподвижной или перемещается относительно притира. Такими притирами являются цилиндры, диски, конусы и др.

При использовании неподвижного притира перемещается только обрабатываемая деталь. Такими притирами являются бруски, плиты и др.

Плоские притиры представляют собой чугунные плиты, на которых доводят плоскости. Плоский притир для предварительной обработки имеет канавки глубиной и шириной 1—2 *мм* на расстоянии 10—15 *мм* (рис. 418, *а*), в которых собираются остатки абразивного материала. Притиры для окончательной притирки делаются гладкими (рис. 418, *б*).

Цилиндрические притиры применяются для притирки цилиндрических отверстий. Такие притиры бывают нерегулируемые (рис. 419, *а*) и регулируемые (рис. 419, *б*); последние представляют собой разрезную втулку *3*, насаженную на коническую оправку *2*. Регулирование диаметра притира осуществляют гайками *1* и *4*.

Резьбовые притиры представляют собой нерегулируемые и регулируемые резьбовые валики (для доводки внутренней резьбы — рис. 420, *а*) или регулируемые резьбовые кольца для доводки наружной резьбы (рис. 420, *б*).

Конические отверстия доводят коническими притирами, представляющими собой чугунные (реже медные) оправки. Притир

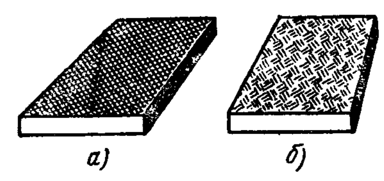


Рис. 418. Плоские притиры:
а — с канавками, *б* — гладкий

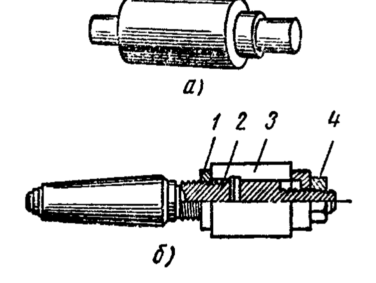


Рис. 419. Цилиндрические притиры:
а — нерегулируемый, *б* — регулируемый; *1*, *4* — гайки, *2* — оправка, *3* — втулка

для предварительной обработки имеет спиральную канавку для удержания абразивно-притирочного материала.

Притир для обработки наружной конической поверхности представляет собой коническую втулку.

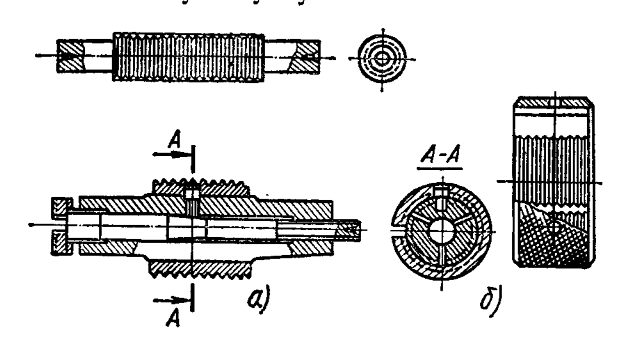


Рис. 420. Притиры для обработки:
а — внутренней резьбы, *б* — наружной резьбы

Специальные притиры применяют для притирки поверхностей различной формы и труднодоступных поверхностей небольших размеров.

Материалы притиров. Притиры изготовляют из чугуна, бронзы, красной меди, свинца, стекла, фибры и твердых пород дерева — дуба, клена и т. п.

Наиболее часто притиры изготовляют из чугуна и меди, обладающих необходимыми качествами для удовлетворительного вдавливания абразивов: средней твердостью, плотностью, хорошей износоустойчивостью. Медь труднее обрабатывается и является дорогостоящим материалом, поэтому для доводки и притирки стальных деталей рекомендуется изготовлять притиры из чугуна средней твердости (*НВ* 140—200).

Предварительной притиркой снимается большой слой металла, поэтому применяют притиры из мягкого металла (меди). Они

удерживают крупный абразив гораздо лучше, чем серый чугун. Для окончательной притирки, когда снимается небольшой слой металла, применяют чугунные притиры. Они удерживают в основном самые мелкие зерна и благодаря твердости облегчают обработку. Стальные притиры изнашиваются быстрее, чем чугунные.

Для окончательной притирки пастами ГОИ с целью получения зеркальной поверхности следует применять притиры, изготовленные из стекла «пирекс» или зеркального литого стекла, которое не должно иметь пузырьков, а также глубоких царапин и раковин.

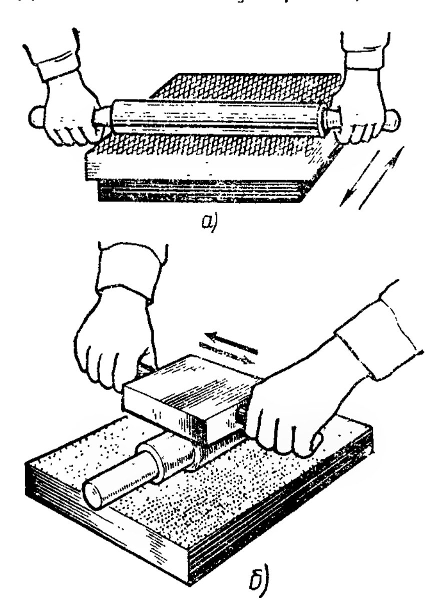


Рис. 421. Шаржирование притиров: *а* — плоского, *б* — круглого

Шаржирование притиров твердым абразивным материалом. Существуют два способа покрытия притиров абразивным порошком: прямой и косвенный.

При прямом способе абразивный порошок вдавливается в притир до работы. Плоский притир шаржируют с помощью стального закаленного бруска или ролика (рис. 421, *а*). Круглый притир диаметром более 10 *мм* шаржируют на твердой стальной плите, на которую насыпают тонким, ровным слоем абразивный порошок. Притир прокатывают с помощью другой плиты до тех пор, пока абразив не будет вдавлен в притир равномерно по всей поверхности (рис. 421, *б*).

После шаржирования с притира удаляют остаток абразивного порошка, притир слегка смазывают и применяют для работы без добавок свободного абразивного материала до тех пор, пока притир не перестанет обрабатывать деталь.

Прямой способ шаржирования притиров имеет ряд преимуществ: притир шаржируется больше, при притирке более крупные зерна абразива размельчаются или вдавливаются в плиту; точность доводки притиром, шаржированным прямым способом, выше, чем при косвенном способе.

Косвенный способ шаржирования заключается в покрытии притира слоем смазки и посыпании его абразивным порошком. В процессе доводки зерна абразива вдавливаются в материал притира, так как он более мягкий.

Работают притиром до полного его затупления. Прибавлять новый абразивный порошок во время работы (особенно перед окончанием притирки) не следует, так как это ведет к снижению точности обработки.

§ 140. ТЕХНИКА ПРИТИРКИ

Для производительной и точной притирки необходимо правильно выбирать и строго дозировать количество абразивных материалов, а также смазки. Излишнее количество абразивного порошка или смазки препятствует соприкосновению притираемых поверхностей, в связи с чем производительность и качество притирки снижаются.

При окончательной притирке повышение производительности и качества притирки достигается путем покрытия притира тонким слоем абразивного порошка с тончайшим слоем стеарина, разведенного в бензине.

При притирке необходимо учитывать усилие давления на притир. При повышении давления между притиром и деталью увеличивается скорость процесса, но только до известных пределов. При очень большом давлении зерна раздавливаются, поверхность детали получается с задирами и иногда приходит в негодность. Обычно давление при притирке для различных случаев составляет 1,5—4 *кГ/см*². При окончательной притирке давление на притир надо уменьшить.

Притирка плоских поверхностей. Притирка плоских поверхностей обычно производится на неподвижных чугунных притирочных плитах. Форма и размеры плит выбираются в зависимости от величины и формы притираемых деталей. На поверхность притирочной плиты наносят шлифующий порошок. Операция притирки обычно подразделяется на предварительную притирку (черновую) и окончательную (чистовую).

Изделие или притир передвигают круговыми движениями. Притирку ведут до тех пор, пока притираемая поверхность не будет иметь матовый цвет или зеркальный вид. Для получения блестящей поверхности притирку заканчивают на притире из твердого дерева, покрытом разведенной в спирте венской известью.

Притирка на плитах дает очень высокие результаты. Поэтому на них притираются детали, требующие высокой точности обработки (шаблоны, калибры, плитки и т. п.).

Чтобы плита изнашивалась равномерно, притираемую деталь перемещают по всей ее поверхности. Во избежание коробления при притирке необходимо следить, чтобы обрабатываемая деталь сильно не нагревалась. Если деталь нагрелась, притирку следует прекратить, дать детали охладиться, после этого продолжить обработку. Для быстрого охлаждения деталь кладут на чистую массивную металлическую плиту.

Абразивный порошок (или паста) срабатывается после 8—10 круговых движений по одному и тому же месту, после чего его удаляют с плиты чистой тряпкой и заменяют новым.

Предварительную притирку ведут на плите с канавками (рис. 422, *а*), окончательную притирку — на гладкой плите (рис. 422, *б*) на одном масле, используя лишь остатки порошка, сохранившегося на детали от предыдущей операции.

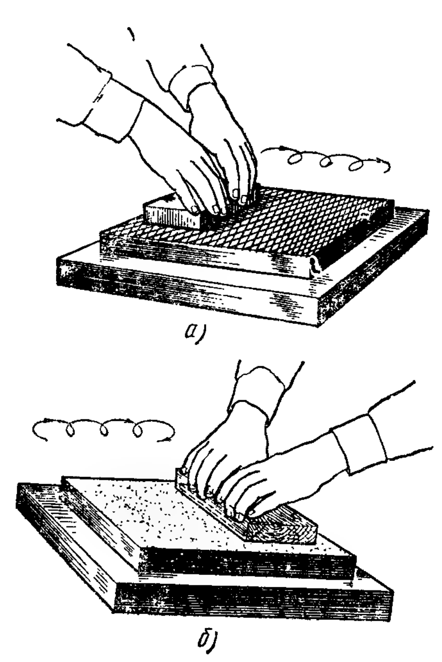


Рис. 422. Притирка плоских поверхностей:
а — предварительная, *б* — окончательная

Притирка тонких и узких деталей (например, шаблонов, угольников, линеек) ведется с помощью чугунных или стальных направляющих брусков (кубиков) и призм. К бруску или призме прикладывают притираемую деталь и вместе перемещают по притирочной плите (рис. 423, *а*).

Притирка детали со сферической поверхностью (ребром) показана на рис. 423, *б*.

Притирка деталей пакетом. Одновременную обработку нескольких деталей, соединенных винтами (рис. 423, *в*), заклепками (рис. 423, *г*), струбцинами (рис. 423, *д*) в пакет, выполняют путем перемещения по притирочной плите. При этом обеспечивается высокая производительность и отпадает необходимость в дополнительных приспособлениях.

Притирка угольников. Для притирки широких плоскостей угольник (рис. 424, *а*) закрепляют на деревянном бруске мелкими гвоздями и вместе с деревянным бруском перемещают по плите.

Притирка поршневого кольца показана на рис. 424, *б*, приемы притирки внутренних поверхностей различных деталей — на рис. 425, *а*, *б*, *в*.

Притирка конических поверхностей. Притирку конических поверхностей приходится выполнять при ремонте кранов, клапанов, гнезд под клапаны и т. п. Притирку внутренних конических поверхностей выполняют при помощи конического притира-пробки (рис. 426, *а*). Он имеет винтовые канавки для удержания абразивно-притирочного материала. На квадратный хвостовик надевается вороток для вращения притира-пробки (рис. 426, *б*).

На притир-пробку наносят ровным слоем абразивно-притирочный материал, затем вводят его в притираемое отверстие и при помощи воротка делают неполные обороты то в одну, то в другую сторону и затем делают почти полный оборот.

После 15—18 оборотов притир вынимают, насухо протирают тряпкой, наносят на него абразивно-притирочный материал и снова вводят в притираемое отверстие, продолжая притирку до тех пор, пока обрабатываемая поверхность не станет матовой (рис. 426, *в*).

Подобным образом притирают наружные конические поверхно-

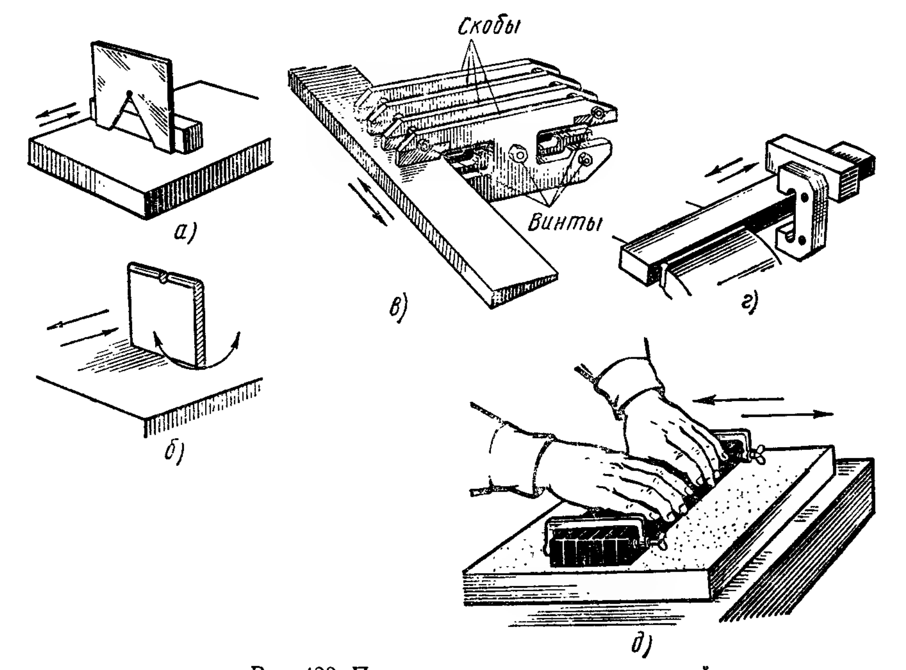


Рис. 423. Притирка тонких и узких деталей:
а — при помощи бруска, *б* — сферической поверхности ребра, *в* — скоб, скрепленных винтами, *г* — пакета деталей, скрепленных заклепками, *д* — скрепленных струбцинами

сти, используя для этой цели специальные притиры в виде колец с коническим отверстием, соответствующим притираемому конусу. Арматура, пробки, фланцы, клапаны, а также краны специальных притиров не требуют. После изготовления их соприкасающиеся рабочие поверхности взаимно притираются друг к другу (клапан с гнездом, пробка с краном и т. д.). Качество притирки проверяют мелом или цветным карандашом. Во избежание брака необходимо следить, чтобы в притирочный порошок не попали крупные зерна, которые оставляют на притираемых поверхностях царапины.

Притирку конических поверхностей можно выполнять, применяя коловорот или ручную дрель (рис. 427). На рисунке показана правильно и неправильно выполненная (по следу карандаша) притирка.

Притирка резьбовых деталей. Наружную резьбу притирают резьбовыми кольцами, а внутреннюю — цельными резьбовыми оправками (если отверстие малого диаметра), изготовляемыми из серого чугуна. Резьбу больших диаметров притирают сменными регулируемыми кольцами, устанавливаемыми на разжимной стальной оправке.

Притирка деталей из твердых сплавов. Высокая твердость сплавов не позволяет вести притирку их обычными абразивами. В качестве абразивов для притирки твердых сплавов

Рис. 424. Притирка угольника (*а*), поршневого кольца (*б*)

Рис. 425. Притирка внутренних поверхностей деталей:

а — шаблона с полукруглой выемкой, *б* — шаблона-высотомера, *в* — углового шаблона; *1* — шаблон, *2* — направляющая призма (брусок), *3* — притир

применяют алмаз, карбид бора, карбид кремния и некоторые другие материалы; лучшим из них является алмаз, который обеспечивает высокое качество отделки поверхности.

Исходным материалом для мелких алмазных порошков является измельченная и просеянная алмазная крошка.

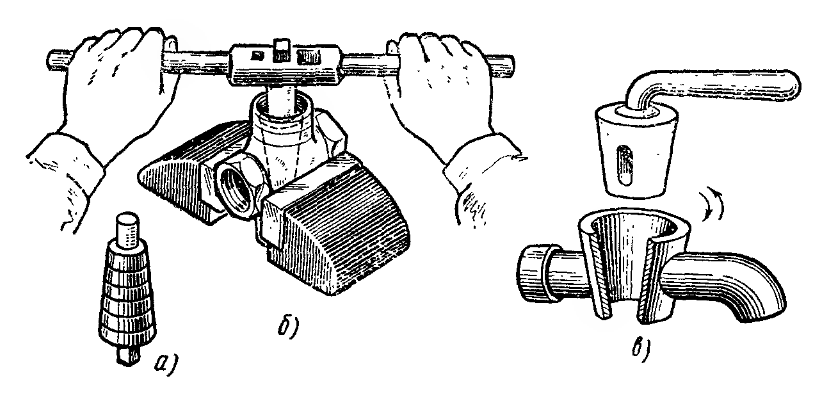


Рис. 426. Притирка внутренних конических поверхностей:

а — притир, *б* — прием притирки, *в* — притертые поверхности

Алмазной пылью посыпают либо притир, либо ролик. Шаржирование металлического диска осуществляют путем вдавливания в него алмазной пыли. При этом следят за тем, чтобы ролик легко и свободно вращался, иначе вместо шаржирования притира он будет шлифоваться последним. При первом шаржировании притира алмазной пыли берут в два раза больше, чем при последующих.

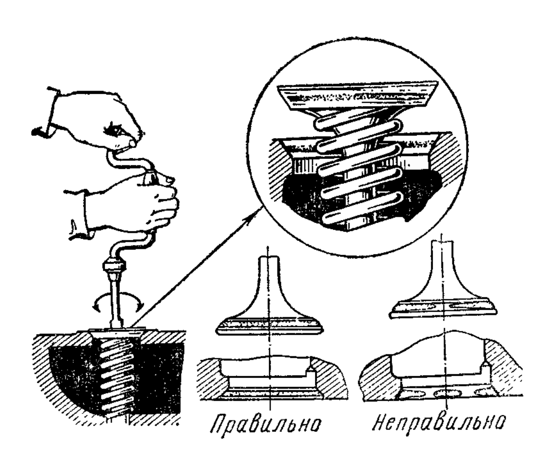


Рис. 427. Притирка клапана к седлу при помощи коловорота

Более производительной, а также менее утомительной для рабочего является притирка на притирочных станках. Наряду со специальными станками для механизированной притирки могут быть соответствующим образом приспособлены и металлорежущие станки — сверлильные, строгальные и др.

Контроль притирки. Качество притираемых поверхностей проверяют на краску. На хорошо притертых поверхностях краска равномерно ложится по всей поверхности. Плоскостность при притирке проверяют лекальной линейкой с точностью 0,001 *мм*.

Параллельность плоскостей проверяют микрометром, индикатором или другим рычажно-механическим прибором.

Таблица 9

Виды, причины и меры предупреждения брака при притирке

Брак	Причина	Меры предупреждения
Негладкая и нечистая поверхность	Применение крупнозернистых абразивных порошков, неправильный подбор смазки	Применять соответствующие абразивные порошки и смазки
Неточность размеров, искажение геометрической формы	Применение неточных по размерам и форме притиров	Изготовлять притиры точно по размерам и форме
	Неправильная установка притира или детали	Внимательно устанавливать деталь на притир или притир на деталь
	Большие припуски на притирку	Предварительной обработкой обеспечить необходимые припуски на притирку
Коробление тонких деталей	Нагрев детали	Не допускать нагрева детали свыше 50° С

Заданный профиль поверхности проверяют шаблонами, лекалами по методу световой щели.

Углы проверяют угольниками, угломерами, угловыми плитками, шаблонами.

При измерении следует иметь в виду, что во избежание ошибок при контроле все измерения надо проводить при температуре 20° С.

Брак при притирке. Наиболее распространенные виды брака, его причины и меры предупреждения приведены в табл. 9.

Техника безопасности при притирке и доводке. В процессе выполнения притирочных работ необходимо обрабатываемую поверхность очищать не рукой, а тряпкой (ветошью); пользоваться защитными устройствами для отсасывания абразивной пыли; осторожно обращаться с пастами, так как они содержат кислоты; надежно и устойчиво устанавливать притиры; соблюдать технику безопасности при работе механизированным инструментом, а также на станках.

Вопросы для самопроверки

1. Какие инструменты, приспособления и материалы нужны для притирки и в какой последовательности выполняют притирку угольника и узких поверхностей (внутреннего угла шаблона или угольника)?
2. Какие виды брака возможны при притирке и как его предупредить?
3. Какие меры предосторожности следует соблюдать при притирке?

Глава XXXI

ПАЯНИЕ, ЛУЖЕНИЕ И СКЛЕИВАНИЕ

§ 141. ПАЯНИЕ

Паянием называется процесс получения неразъемного соединения различных металлов при помощи расплавленного промежуточного металла, плавящегося при более низкой температуре, чем соединяемые металлы.

Паяние (пайка) широко применяется в разных отраслях промышленности. В машиностроении паяние применяется при изготовлении лопаток и дисков турбин, трубопроводов, радиаторов, ребер двигателей воздушного охлаждения, рам велосипедов, сосудов промышленного назначения, газовой аппаратуры и т. д. В электропромышленности и приборостроении паяние является в ряде случаев единственно возможным методом соединения деталей. Паяние применяется при изготовлении электро- и радиоламп, телевизоров, деталей электромашин, плавких предохранителей и т. д.

К преимуществам паяния относятся: незначительный нагрев соединяемых частей, что сохраняет структуру и механические свойства металла; чистота соединения, не требующая в большин-

стве случаев последующей обработки; сохранение размеров и форм детали; достаточно высокая прочность соединения.

Современные способы позволяют паять углеродистые, легированные и нержавеющие стали, цветные металлы и их сплавы.

Промежуточный металл или сплав, применяемый при пайке, называют п р и п о е м.

Качество, прочность и эксплуатационная надежность паяного соединения в первую очередь зависят от правильного выбора припоя. Не все металлы и сплавы могут выполнять роль припоев.

Припои должны обладать следующими свойствами:

иметь температуру плавления ниже температуры плавления спаиваемых материалов;

в расплавленном состоянии (в присутствии защитной среды, флюса или в вакууме) хорошо смачивать паяемый материал и легко растекаться по его поверхности;

обеспечивать достаточно высокие прочность, пластичность и герметичность паяного соединения;

в паре с паяемыми материалами не образовывать коррозионно нестойкой пары;

иметь коэффициент термического расширения, близкий к коэффициенту паяемого материала.

В результате длительного практического отбора и многочисленных научных исследований были подобраны группы припоев, обладающих оптимальным сочетанием свойств *.

Припои, в зависимости от температуры плавления, делятся на легкоплавкие (мягкие), имеющие температуру плавления до 500° С, и тугоплавкие (твердые), имеющие температуру плавления выше 500° С (рис. 428).

Л е г к о п л а в к и е   п р и п о и широко применяются во всех отраслях промышленности и в быту и представляют собой сплав олова со свинцом. Различные количественные соотношения олова и свинца определяют свойства припоев.

Оловянно-свинцовые припои по сравнению с другими обладают рядом преимуществ: высокой смачивающей способностью, хорошим сопротивлением коррозии. При пайке этими припоями свойства соединяемых металлов не изменяются или почти не изменяются.

Легкоплавкие припои служат для пайки стали, меди, цинка, свинца, олова и их сплавов, серого чугуна, алюминия, керамики и стекла.

Пайку легкоплавкими припоями применяют в тех случаях, когда нельзя нагревать металл до высокой температуры или при невысокой требовательности к прочности паяного соединения. Соединения, паянные легкоплавкими припоями, достаточно герметичны.

Легкоплавкие припои выпускаются в виде чушек, проволоки, литых прутков, зерен, лент фольги, трубок (с внутренней набивкой

---

* А. В. Л а к е д е м о н с к и й и В. Е. Х р я п и н. Справочник паяльщика М., «Машиностроение», 1967, стр. 8.

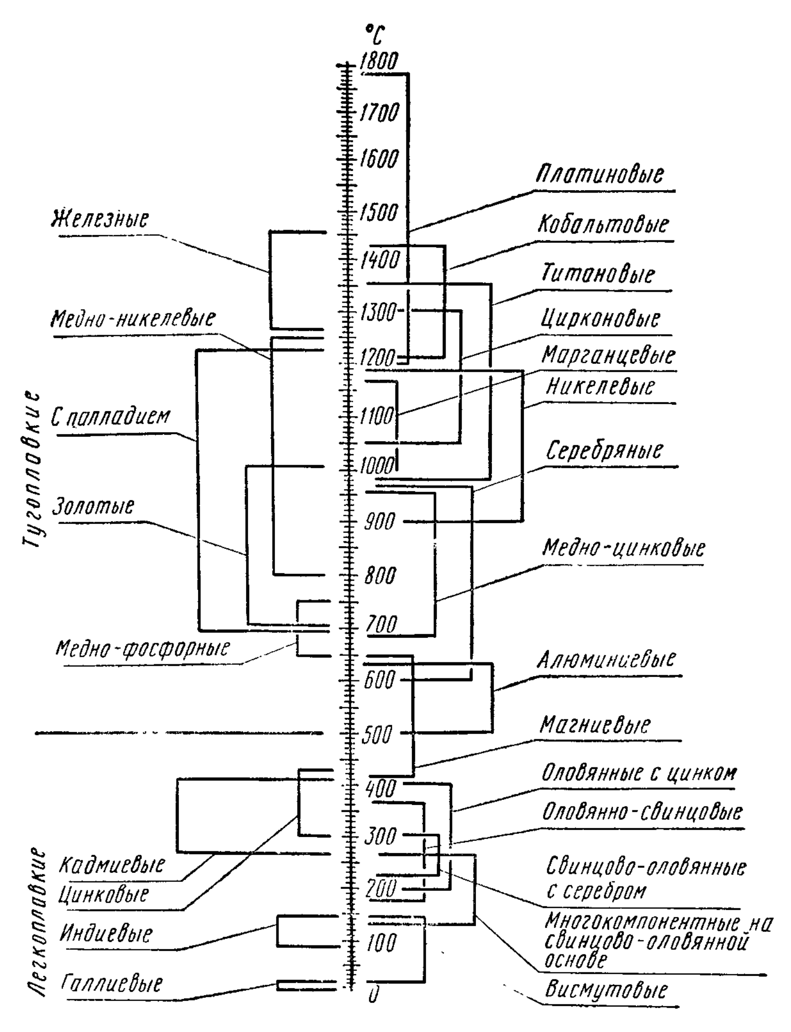


Рис. 428. Классификация припоев по температуре плавления

канифолью) диаметром от 2 до 5 *мм*, а также в виде порошков и паст из порошка с флюсом.

Легкоплавкие припои можно приготовить и непосредственно в цехе или мастерской. Для этого в металлических ковшах расплавляют олово и старый припой, затем добавляют небольшие кусочки свинца, хорошо размешивают. Для того чтобы припой не выгорал, поверхность посыпают толченым древесным углем.

Для получения специальных свойств к оловянно-свинцовым припоям добавляют сурьму, висмут, кадмий, индий, ртуть и другие металлы.

Оловянисто-свинцовые припои по ГОСТ 1499—70 изготавливаются следующих марок:

бессурьмянистые — ПОС 90, ПОС 61, ПОС 10, ПОС 61М и ПОСК 50-18;

малосурьмянистые — ПОССу 61-0,5, ПОССу 50-05, ПОССу 40-05, ПОССу 35-05, ПОССу 30-05. ПОССу 25-05 и ПОССу 18-05;

сурьмянистые — ПОССу 95-5, ПОССу 40-2, ПОССу 35-2, ПОССу 30-2, ПОССу 25-2, ПОССу 18-2, ПОССу 15-2, ПОССу 10-2, ПОССу 8-3, ПОССу 5-1 и ПОССу 4-6.

Припои изготавливаются в виде чушек (Ч), проволоки (Пр), ленты (Л), прутков трехгранных (Пт) и круглых (Пк), трубок, наполненных флюсом (Т), порошка (Пор).

Низкотемпературные припои применяют при паянии тонких оловянных предметов, при паянии стекла с металлической арматурой деталей, которые особенно чувствительны к нагреву, а также в тех случаях, когда припой должен выполнять роль температурного предохранителя (в электрических тепловых приборах и др.).

Тугоплавкие (твердые) припои представляют собой тугоплавкие металлы и сплавы. Из них широко применяются медно-цинковые и серебряные припои. Для получения определенных свойств и температуры плавления в эти сплавы добавляют олово, марганец, алюминий, железо и другие металлы.

Добавка в небольших количествах бора повышает твердость и прочность припоя, но повышает хрупкость паяных швов.

Соединения, паянные медью и припоями на ее основе, имеют высокую коррозионную стойкость, и большинство из них выдерживает высокие механические нагрузки. Температура пайки припоями на медной основе составляет 850—1150° С.

Эти припои применяются для получения соединений, которые должны быть прочными при высоких температурах, вязкими, стойкими против усталости и коррозии. Этими припоями можно паять сталь, чугун, медь, никель и их сплавы, а также другие металлы и сплавы с высокой температурой плавления. Твердые припои делятся на две основные группы: медно-цинковые и серебряные.

Согласно ГОСТ 1534—42 медно-цинковые припои выпускают трех марок: ПМЦ-36 для паяния латуни с содержанием 60—68% меди; ПМЦ-48 — для паяния медных сплавов, содержащих меди свыше 68%; ПМЦ-54 — для паяния бронзы, меди, томпака и стали. Медно-цинковые припои плавятся при 700—950° С.

В марке буква П обозначает слово «припой», МЦ — медно-цинковый, а цифра — процент меди. Эти припои поставляются в виде зерен. Зерна припоев по величине разделяются на два класса: класс А — зерна величиной от 0,2 до 3 *мм*, класс Б — зерна величиной от 3 до 5 *мм*.

Серебряные припои изготавливают следующих марок: ПСр72; ПСр71; ПСр70; ПСр65; ПСр62; ПСр50; ПСр50Кд; ПСр45; ПСр44; ПСр40; ПСр37,5; ПСр25Ф; ПСр15; ПСр12М; ПСр10; ПСр3; ПСр3Кд; ПСр2,5; ПСр2; ПСр1,5. Обозначение расшифровывается так: буква

П — обозначает «припой», буквы Ср — серебро, Кд — кадмий, М — медь, Ф — фосфор, число — процент серебра. Выпускаются припои в виде полос (кроме ПСр44, выпускаемого в виде слитков) и проволоки (кроме ПСр12 и ПСр10).

Серебряные припои плавятся при температуре от 600 до 970° С. Серебряные припои применяют для паяния черных и цветных металлов и сплавов. Они обеспечивают довольно высокую прочность, а также коррозионную стойкость паяного шва.

Наиболее употребительные серебряные припои ПСр70, ПСр45, ПСр25 и ПСр12М.

§ 142. ФЛЮСЫ

С повышением температуры скорость окисления поверхности спаиваемых деталей значительно возрастает, в результате чего припой не пристает к детали. Для удаления окисла применяют химические вещества, называемые *флюсами*. Флюсы улучшают условия смачивания поверхности паяемого металла расплавленным припоем, предохраняют поверхность паяного металла и расплавленного припоя от окисления при нагреве и в процессе пайки, растворяют имевшиеся на поверхности паяемого металла и припоя окисные пленки.

Различают флюсы для мягких и твердых припоев, а также для пайки алюминиевых сплавов, нержавеющих сталей и чугуна.

Флюсы для мягких припоев — это хлористый цинк, нашатырь, канифоль, пасты и др.

Хлористый цинк, называемый также травленой кислотой, является очень хорошим флюсующим средством при паянии черных и цветных металлов (кроме цинковых и оцинкованных деталей, алюминия и его сплавов). Получают хлористый цинк растворением одной части мелко раздробленного цинка в пяти частях соляной кислоты.

Для того чтобы хлористый цинк в меньшей степени способствовал коррозии паяного шва, к раствору добавляют нашатырный спирт, вливая в хлористый цинк тонкой струей до исчезновения молочного цвета.

Нашатырь (хлористый аммоний) — белая горько-соленая на вкус соль. Применяется в виде порошка и кристаллов. При нагревании нашатырь разлагается с выделением вредного для здоровья белого газа, поэтому при паянии рекомендуется пользоваться не чистым нашатырем, а раствором из 0,5 *л* воды, 100 *г* нашатыря и небольшого количества хлористого цинка.

Довольно энергичным является следующий флюс (%): хлористого цинка — 25—20, нашатыря — 5—20, воды — 70—30.

Канифоль — желтовато-коричневое смолистое вещество, получающееся в виде палочек или порошка при перегонке сосновой смолы. Флюсующие свойства канифоли значительно слабее этих свойств других веществ, но она обладает тем преимуществом, что не вызывает коррозии паяного шва. Благодаря этому канифоль

преимущественно применяется для пайки электро- и радиоаппаратуры.

Канифоль применяется в виде порошка или раствора в спирте, а также палочками.

Пасты паяльные — жидкость, приготовленная из хлористого цинка и аммония или хлористого цинка и крахмала.

Для приготовления паяльной пасты крахмал растворяют в воде, затем раствор кипятят до тех пор, пока не получится клейстер. Крахмальный клейстер в холодном виде прибавляют к раствору хлористого цинка или хлористого аммония, перемешивая до тех пор, пока не получится слегка липкая жидкость.

При паянии нержавеющих и жаропрочных сталей применяют смесь, составленную из 50% плавленой буры и 50% борной кислоты, разведенных в растворе хлористого цинка до густоты пасты. При паянии серого чугуна к буре добавляют хлористый калий, перекись марганца или окись железа.

При паянии паяльную пасту наносят на спаиваемые поверхности ровным слоем. После паяния остатки пасты смывают водой с помощью волосяной щетки или тряпок.

Флюсы для твердых припоев — это бура, борная кислота и некоторые другие вещества.

Буру применяют в виде порошка, для чего ее толкут в ступе и просеивают. Чтобы при нагревании бура не пенилась, перед применением ее прокаливают. Бура легко впитывает влагу из воздуха, поэтому ее хранят в банке с притертой пробкой. Рекомендуется применять безводную буру, так как иначе флюс при нагреве теряет воду, набухает, трескается и вследствие этого затрудняется процесс пайки.

Недостатком буры является то, что после остывания она оставляет на шве весьма прочную пленку. Для понижения температуры плавления в буру иногда добавляют хлористый цинк.

Борная кислота представляет собой белые, на ощупь жирные чешуйки. По своим флюсующим свойствам борная кислота лучше буры, но применяется реже, так как стоимость ее выше.

Флюсы для пайки алюминиевых сплавов. В качестве флюсов при пайке алюминиевых сплавов применяют сложные по химическому составу смеси, состоящие из фтористого натрия, хлористого лития, хлористого калия, хлористого цинка и др. Хлористые соли обладают способностью растворять окислы алюминия, поэтому их роль во флюсах является основной. Хлористый литий и хлористый калий вводят в состав флюсов с целью понижения температуры плавления.

При пайке алюминия мягкими припоями можно применять один из трех следующих флюсов (%):

хлористого цинка — 85, хлористого аммония — 10, фтористого натрия — 5;

хлористого цинка — 90, хлористого аммония — 8, фтористого натрия — 0,2;

хлористого цинка — 95, фтористого натрия — 5.

При пайке алюминиевых сплавов твердыми припоями применяют следующий флюс (%): фтористого калия или фтористого натрия — 10±1, хлористого цинка — 8±2, хлористого лития — 32±3, хлористого калия — остальное.

Приготовляют этот флюс в следующем порядке. Компоненты флюса вначале прокаливают для удаления из них влаги. Затем после взвешивания все компоненты, кроме хлористого цинка, тщательно перемешивают, помещают в фарфоровую посуду и нагревают в печи до 700° С. В расплавившуюся смесь вводят предварительно нагретый до жидкого состояния хлористый цинк.

Полученную смесь тщательно размешивают и выливают на стальную или чугунную поверхность. Флюс затвердевает, после его дробят, превращая в пудру. Этот флюс очень гигроскопичен, поэтому его хранят в герметически закрывающихся сосудах.

Для паяния алюминия и его сплавов широко используется также флюс 34А, состоящий из 10% фтористого натрия, 8% хлористого цинка, 32% хлористого лития, 50% хлористого калия.

Флюсы для пайки нержавеющей стали. Одним из таких флюсов является пастообразная смесь буры и борной кислоты (поровну), замешанная в насыщенном растворе хлористого цинка. Применяют также флюс 200, состоящий из 70% борной кислоты, 21% буры, 9% фтористого калия. Этот флюс пригоден для паяния конструкционных и нержавеющих сталей, а также жаропрочных сплавов латунью и твердыми припоями.

Флюсом для паяния чугуна (серого или ковкого) служит бура (60%) с добавкой хлористого цинка (38%) и марганцово-кислого калия (2%). В флюс, кроме того, входит перекись марганца или хлорат калия, способствующие выгоранию графита с поверхности металла и тем самым обеспечивающие получение чистой, хорошо смачиваемой припоем поверхности.

Для паяния свинцовых сплавов флюсом может служить стеарин.

§ 143. ПАЯЛЬНЫЕ ЛАМПЫ

Паяльными лампами нагревают спаиваемые детали и расплавляют припой. Ими пользуются чаще всего при пайке легкоплавкими припоями, но иногда применяют их при пайке тугоплавкими припоями со сравнительно невысокой температурой плавления (например, серебряными).

На рис. 429 показана керосиновая паяльная лампа, а на рис. 430 — лампа, работающая на бензине, спирте или керосине.

По внешнему виду паяльные керосиновые лампы отличаются от бензиновых только расположением змеевика, который у керосиновых ламп расположен внутри трубы, а у бензиновых — снаружи.

Применение несоответствующего топлива нарушает нормальную работу паяльной лампы.

Основными частями паяльной лампы (см. рис. 429) являются резервуар *1* для горючего, ручка *6* для переноски, заливная пробка *8*, насос *5* для накачивания воздуха в резервуар, горелка с вен-

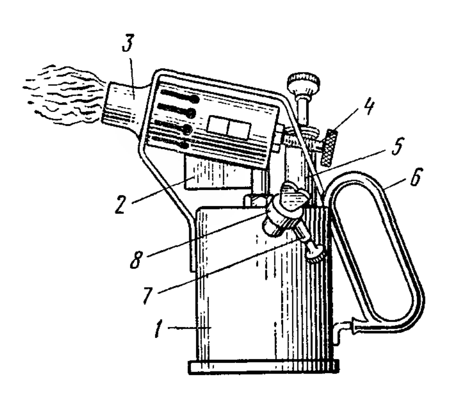


Рис. 429. Керосиновая паяльная лампа:

1 — резервуар, 2 — ванночка, 3 — труба, 4 — вентиль, 5 — насос, 6 — ручка, 7 — воздушный клапан, 8 — заливная пробка

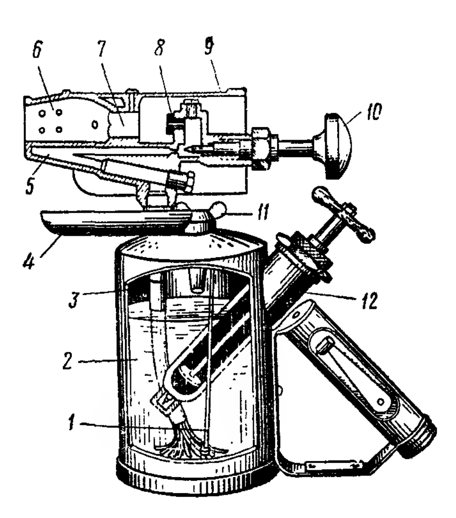


Рис. 430. Лампа, работающая на бензине, спирте или керосине:

1 — предохранительный стержень, 2 — резервуар для горючего, 3 — воздушное пространство, 4 — нагревательная ванночка (чашечка), 5 — каналы смесителя, 6 — труба, 7 — смесительная труба, 8 — сопло, 9 — защитное устройство от ветра, 10 — вентиль, 11 — крышка заливного отверстия, 12 — насос

тилем *4* для регулирования количества подаваемого горючего, змеевик для подогрева горючего, труба *3*, направляющая пламя.

В трубе имеются отверстия для доступа свежего воздуха к горелке. Под трубой помещается чашечка (нагревательная ванночка) *2* для горючего, необходимого для розжига паяльной лампы.

Перед розжигом лампы вентиль *4* закрывают, воздух из резервуара выпускают через воздушный клапан *7*, имеющийся в заливной пробке. После выпуска воздуха воздушный клапан закрывают. Затем поджигают бензин, залитый в чашечку, и подогревают змеевик горелки.

К моменту полного сгорания бензина в чашечке следует подкачать воздух в резервуар, слегка открыть вентиль и поднести лампу близко к кирпичу (на расстояние 10—15 *мм*). Воспламенившееся распыленное горючее окончательно подогревает горелку, из которой вылетает синеватое пламя. После этого вентилем регулируют интенсивность горения.

Гасят лампу только закрытием вентиля, после чего выпускают воздух из резервуара через воздушный клапан.

Малогабаритная нагревательная лампа, созданная новатором В. М. Доробой (рис. 431), состоит из тонкостенного (0,3 *мм*) корпуса *2*, в торце которого имеется отверстие диаметром 0,2 *мм*, регулятора *1* температуры пламени,

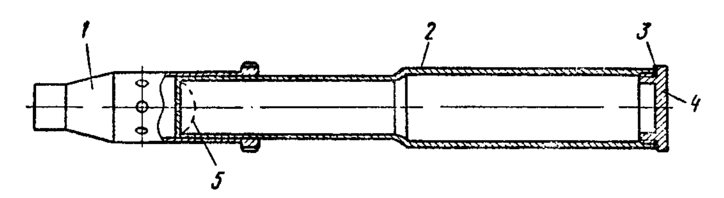


Рис. 431. Малогабаритная нагревательная лампа:
1 — регулятор пламени, *2* — корпус, *3* — прокладка, *4* — пробка, *5* — латунная сеточка

пробки *4*, бензостойкой резиновой прокладки *3* и сферической латунной сеточки *5*, установленной в корпусе у внутреннего торца во избежание засорения отверстия и создания камеры для паров бензина. Лампу заправляют бензином Б-70. Температура горения достигает 1000—1200° С. Время работы между заправками 20—25 *мин*. Подача паров бензина происходит за счет давления, возникающего при расширении бензина после подогревания тонкой корпусной части лампы.

В дальнейшем давление внутри корпуса лампы поддерживается за счет передачи тепла от сопла через регулятор температуры пламени в тонкостенную часть корпуса.

Эту лампу применяют при выполнении монтажных, слесарно-сборочных, авторемонтных и других работ. Горит лампа в горизонтальном и вертикальном положениях.

Несмотря на то что паяльная лампа является несложным приспособлением, неправильная ее эксплуатация может привести к несчастным случаям, поэтому необходимо выполнять следующие основные правила безопасности:

хранить бензин, необходимый для разжигания паяльной лампы, в отдельном сосуде;

заправлять паяльную лампу только в безопасном в пожарном отношении месте; заливать горючее только из сосуда, имеющего тонкую сливную трубку, или через небольшую воронку на противне; количество залитого горючего не должно превышать $^3/_4$ объема резервуара;

заправлять паяльную лампу разрешается только тем горючим, для которого она предназначена;

заправка неостывшей паяльной лампы категорически запрещается;

разжигание паяльной лампы производить возле кирпича (рис. 432, *а*) или специального защитного устройства (рис. 432, *б*). На случай воспламенения разлитого горючего нужно иметь вблизи рабочего места сухой песок для тушения огня.

Лучшим способом нагрева паяльников является нагрев на обыкновенной электрической плитке, в которую надо поставить две включенные параллельно спирали вместо одной. Для более быстрого нагрева паяльника и уменьшения потерь тепла можно использовать сделанную из жести защитную коробочку. Преимущество

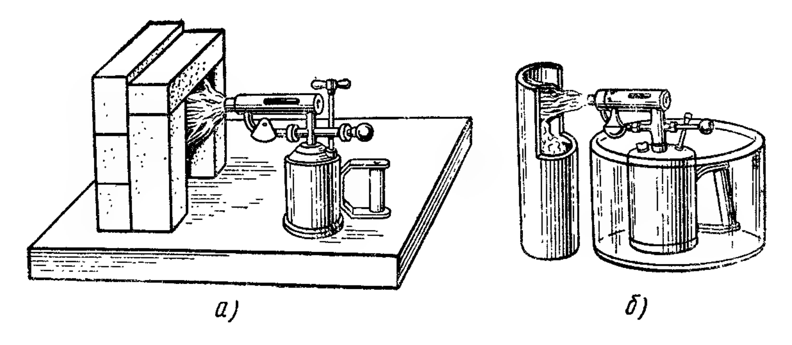


Рис. 432. Разжигание лампы:
а — возле кирпича, *б* — у специального устройства

нагрева паяльника на электроплитке состоит в том, что паяльник не соприкасается с пламенем и равномерно нагревается.

Паяльники можно нагревать также на керосиновой горелке, при этом паяльник не соприкасается с пламенем и равномерно нагревается.

§ 144. ИНСТРУМЕНТЫ ДЛЯ ПАЯНИЯ. ВИДЫ ПАЯНЫХ СОЕДИНЕНИЙ

Основным инструментом для выполнения паяния является паяльник. По способу нагрева паяльники разделяют на три группы: периодического подогрева, с непрерывным подогревом газом или жидким топливом и электрические.

Особую группу составляют паяльники специального назначения: ультразвуковые с генератором ультразвуковой частоты (УП-21); с дуговым обогревом; с вибрирующими устройствами и др.

Независимо от способа нагрева и конструкции основное назначение паяльника состоит в следующем: нагрев припоя до расплавления, накапливание расплавленного припоя и нанесение его на соединение, прогрев металла по месту пайки и удаление излишков расплавленного припоя.

Паяльники периодического подогрева подразделяются на угловые (молотковые) (рис. 433, *а*) и прямые (торцовые) (рис. 433, *б*). Первые применяются наиболее широко. Прямые паяльники используют для паяния в труднодоступных местах. Паяльник представляет собой определенной формы кусок красной меди *3*, закрепленный на железном стержне *2* с деревянной рукояткой *1* на конце.

К паяльникам непрерывного подогрева относятся газовые и бензиновые.

Газовый паяльник (рис. 434) имеет ацетилено-кислородную горелку *4*, к которой на стержне *2* прикреплен при помощи хомутика *3* обычный паяльник *1* из красной меди. Шланги *7* и *8* прикреплены к рукоятке *6*. Кислород и ацетилен подаются по

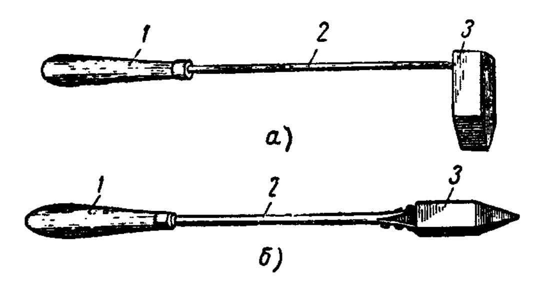


Рис. 433. Периодически подогреваемые паяльники:
а — угловой, *б* — прямой; *1* — рукоятка, *2* — железный стержень, *3* — медный паяльник

шлангам *7* и *8*. Подача в горелку ацетилено-кислородной смеси регулируется при помощи вентилей *5* и *9*. Ацетилено-кислородную смесь на выходе из сопла *10* горелки зажигают, образовавшееся пламя осуществляет нагрев рабочей части паяльника.

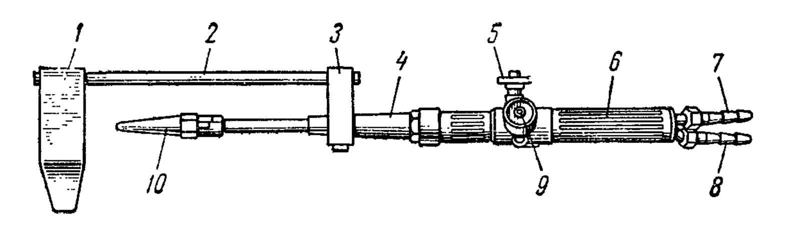


Рис. 434. Газовый паяльник:
1 — паяльник, *2* — стержень, *3* — хомутик, *4* — кислородно-ацетиленовая горелка, *5*, *9* — вентили, *6* — рукоятка, *7*, *8* — шланги, *10* — сопло

Бензиновый паяльник представляет собой соединение рабочей головки паяльника *1* (рис. 435) с бензиновой горелкой *2*, пламя которой непрерывно подогревает паяльник. Рукоятка *3* является одновременно резервуаром для бензина. Резервуар наполняют не полностью, оставляя небольшое свободное пространство.

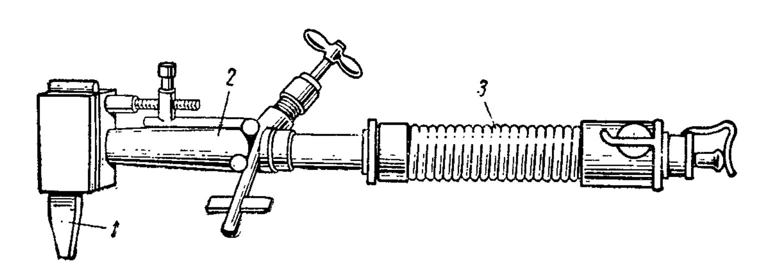


Рис. 435. Бензиновый паяльник:
1 — паяльник, *2* — бензиновая горелка, *3* — рукоятка

После заполнения резервуара бензином крепко завертывают вентиль на конце рукоятки. Категорически запрещается заполнять бензином резервуар вблизи огня.

Электрические паяльники применяются широко, так как они просты по устройству и удобны в обращении. При их работе не образуются вредные газы, разъедающие полуду на медном стержне, и нагрев спаиваемых мест осуществляется равномерно при постоянной температуре, что значительно повышает качество паяния. Такие паяльники нагревают быстро (2—8 *мин.*).

Электрические паяльники делятся на прямые (рис. 436, *а*) и угловые (рис. 436, *б*).

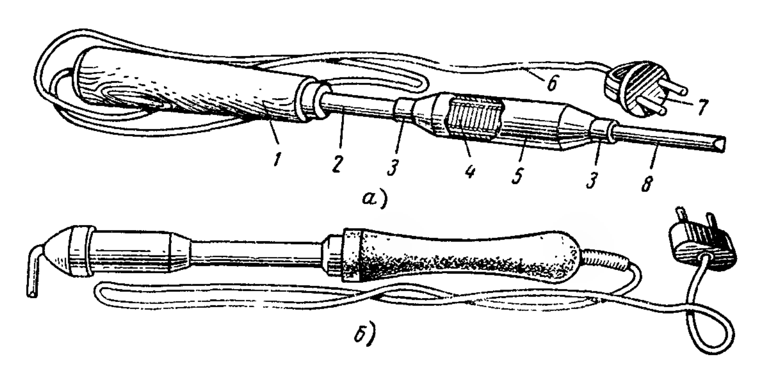


Рис. 436. Электрические паяльники:

а — прямой, *б* — угловой; *1* — рукоятка, *2* — стальная трубка, *3* — хомутики, *4* — нагревательный элемент, *5* — накладные боковины, *6* — шнур, *7* — штепсельная вилка, *8* — медный стержень

Согласно ГОСТ 7219—69 паяльники электрические, предназначенные для пайки оловянно-свинцовыми припоями, изготовляются: ПЦН-10, ПЦН-16, ПЦН-25, ПЦН-40, ПЦН-65, ПЦН-100, ПЦН-160, ПЦН-250, где буква П показывает «паяльник электрический», Ц — несменный паяльный стержень, цифры — номинальную мощность в ваттах, Н — непрерывный режим нагрева. Форсированный режим нагрева обозначается буквой Ф. Например, паяльник ПЦН-10 обозначает: электрический паяльник непрерывного режима нагрева с несменным паяльным стержнем номинальной мощностью 10 *вт*.

Виды паяных соединений. В зависимости от предъявляемых к спаиваемым изделиям требований паяные швы разделяются на три группы:

прочные, обладающие определенной механической прочностью, но не обязательно герметичностью;

плотные, т. е. сплошные герметические швы, не допускающие проникновения какого-либо вещества;

плотно-прочные швы, которые обладают и прочностью и герметичностью.

Соединяемые детали должны хорошо подгоняться одна к другой. По типу шва различают следующие типы паяных соединений:

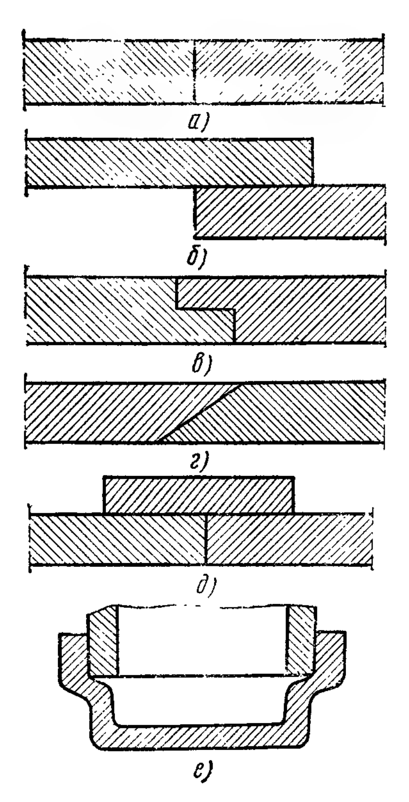


Рис. 437. Типы соединений пайкой:
а — встык, *б* — внахлестку, *в* — ступенчатый, *г* — с косым срезом, *д* — встык с накладкой, *е* — герметичный

встык (рис. 437, *а*); внахлестку (рис. 437, *б*); ступенчатый (рис. 437, *в*); с косым срезом (рис. 437, *г*); встык с накладкой (рис. 437, *д*). Получение герметичности соединений показано на рис. 437, *е*.

§ 145. ПАЯНИЕ МЯГКИМИ ПРИПОЯМИ

Пайка мягкими припоями делится на кислотную и бескислотную. При кислотной пайке в качестве флюса употребляют хлористый цинк или техническую соляную кислоту, при бескислотной пайке — флюсы, не содержащие кислот: канифоль, терпентин, стеарин, паяльную пасту и др. Бескислотной пайкой получают чистый шов; после кислотной пайки не исключена возможность появления коррозии.

Пайка мягкими припоями включает подготовку изделий к пайке, подготовку паяльника, расплавление припоя, охлаждение и очистку шва.

П о д г о т о в к а и з д е л и й к п а я н и ю. Прочное паяное соединение может быть получено только в том случае, если место пайки предварительно очищено от грязи, жиров, продуктов коррозии и окисных пленок, которые сильно мешают растеканию припоя и его проникновению в шов. Поверхность изделий перед пайкой зачищают, обезжиривают, травят, промывают, сушат и собирают.

М е х а н и ч е с к у ю о ч и с т к у поверхности изделий от окислов, ржавчины и окалины выполняют наждачной бумагой, напильниками, металлическими щетками, шлифовальными кругами, стальной или чугунной дробью.

Х и м и ч е с к о е о б е з ж и р и в а н и е в щелочных ваннах является наиболее простым и эффективным способом; заключается оно в обработке изделий в тонко размолотой венской извести, разведенной водой до кашицеобразного состояния, которую кистью наносят на изделие, тщательно протирают и смывают водой.

О б е з ж и р и в а н и е в о р г а н и ч е с к и х р а с т в о р и т е л я х применяется для удаления толстого слоя масла с изделий со сложными поверхностями, с внутренними полостями и глубокими отвер-

стиями. Для этого применяют ацетон, бензол, скипидар, бензин, метиловый, этиловый спирт и др.

Химическое травление применяется в тех случаях, когда имеющиеся на поверхности изделия пленки окислов и других соединений обезжириванием не удаляются и препятствуют образованию прочного соединения припоя с паяемым металлом. Травление осуществляют погружением изделий в растворы серной, соляной, фосфорной и других кислот.

Очистка с помощью ультразвука резко сокращает процесс очистки деталей от жировых загрязнений. Этот способ применяют в случаях, когда другие способы не обеспечивают нужную чистоту поверхности. В ультразвуковых ваннах в качестве очищающей среды используют органические растворители, щелочные растворы, горячую воду, мыльный раствор и др.

Подготовка паяльника заключается прежде всего в заправке его под углом 30—40° и очищении от следов окалины. Затем обушок паяльника нагревают, следя, чтобы его рабочая часть находилась в некоптящей зоне пламени и нагрев осуществлялся до определенных температур: до 250—300° С при пайке мелких деталей и до температуры 340—400° С при пайке крупных. Следят, чтобы паяльник не перегрелся. Перегрев паяльника выше 400° С повышает окалинообразование и затрудняет лужение наконечника. Если паяльник недостаточно нагрет, то припой на спаиваемых поверхностях быстро остывает и превращается в кашеобразную массу. Такая пайка очень непрочна.

Признаком перегрева является появление зеленоватого пламени и быстрое сгорание канифоли с выделением дыма вместо ее плавления. О нормальном нагреве паяльника судят по легкому покраснению обушка. При перегреве паяльник снимают с огня, дают ему немного остыть, зажимают в тисках и опиливают плоским напильником рабочий конец дочиста с обеих сторон и снимают с ребер заусенцы (рис. 438, *а*). Во время длительной пайки периодически очищают рабочую часть паяльника от окалины стальной щеткой и напильником.

Нагретый паяльник (рис. 438, *б*) быстро снимают с огня, очищают от окалины погружением в хлористый цинк (рис. 438, *в*), затем набирают с прутка 1—2 капли припоя (рис. 438, *г*) и двигают паяльником по куску нашатыря (рис. 438, *д*), пока конец паяльника не покроется ровным слоем припоя. Затем протравливают места паяния (рис. 438, *е*).

Паяльник накладывают на место спая (рис. 438, *ж*), немного придерживая его на одном месте для прогрева детали, затем медленно и равномерно перемещают по месту спая. При этом расплавленный припой стекает с паяльника и заполняет зазоры шва (0,05—0,15 *мм*).

Для предотвращения соседних со швом участков детали от нагрева их покрывают мокрыми тряпками или погружают в воду. После охлаждения спаяный шов очищают, промывают, протирают сухой ветошью.

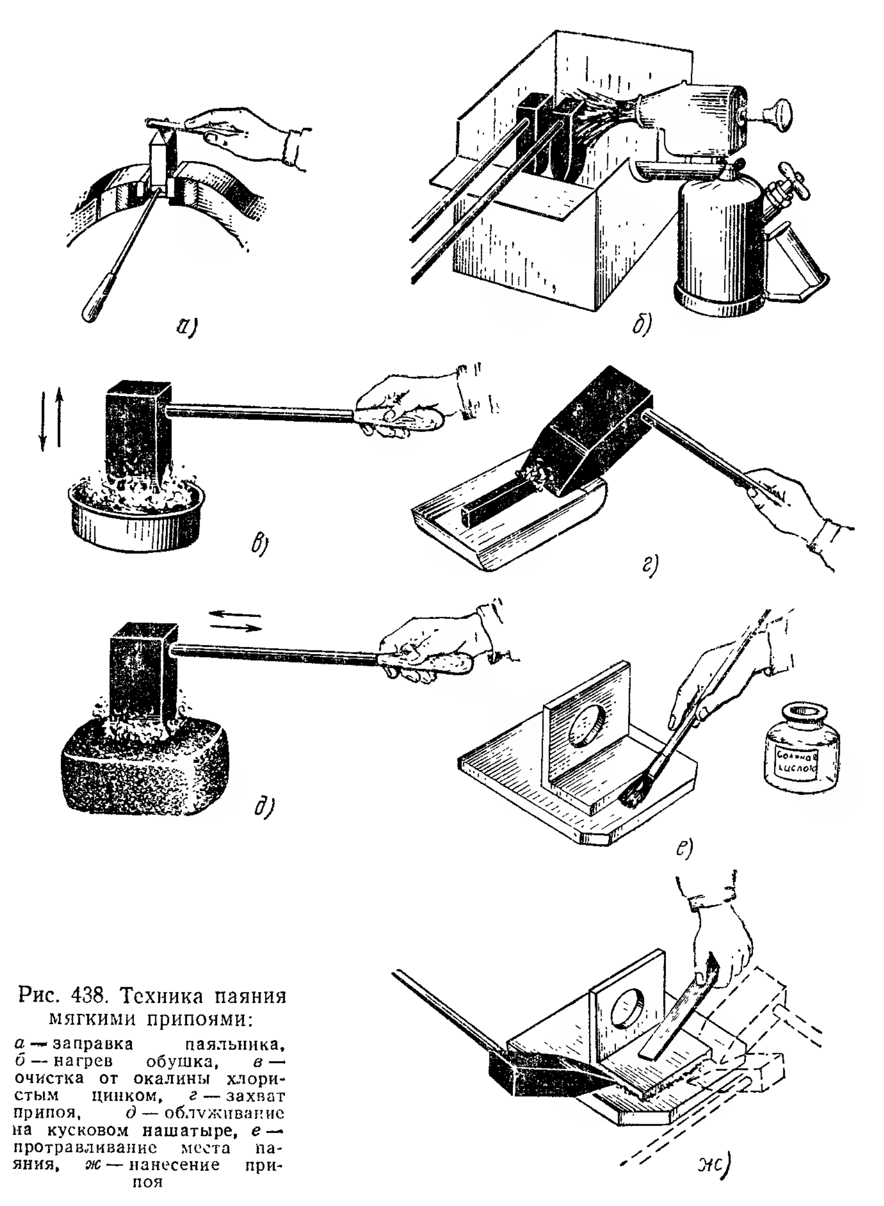


Рис. 438. Техника паяния мягкими припоями:

а — заправка паяльника, *б* — нагрев обушка, *в* — очистка от окалины хлористым цинком, *г* — захват припоя, *д* — облуживание на кусковом нашатыре, *е* — протравливание места паяния, *ж* — нанесение припоя

Нагретый паяльник нельзя класть на стол или верстак: он быстро отдаст тепло и загрязнится. Паяльник кладут на подставку (рис. 439).

При массовом изготовлении деталей паяние осуществляют погружением в ванну с расплавленным припоем.

Прием пайки встык показан на рис. 440, *а*, внахлестку на рис. 440, *б*, тонкой пластины с толстой внахлестку — на рис. 440, *в*,

внутренних швов труб — на рис. 440, *г* и толстых проводов — на рис. 440, *д*.

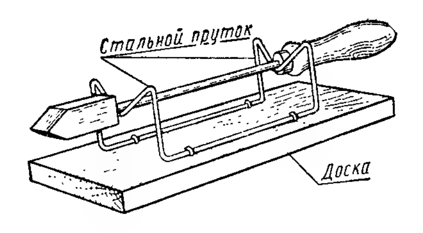


Рис. 439. Паяльник на подставке для хранения

Особенности паяния сосудов для хранения горючих жидкостей. Паяние сосудов (бочек, бидонов) для горючих жидкостей или газов во избежание взрыва требует особых мер предосторожности.

Прежде всего сосуды тщательно промывают. Перед паянием их доверху наполняют водой и выдерживают некоторое время, чтобы пары остатков горючего вытеснились полностью. Слив воду, приступают к пайке.

Перед паянием можно также бак пропарить или промыть горячей водой до исчезновения запаха горючего (лучше промыть 6%-ным раствором каустической соды). Непромытый сосуд к рабочему месту подносить нельзя, так как при работающей паяльной

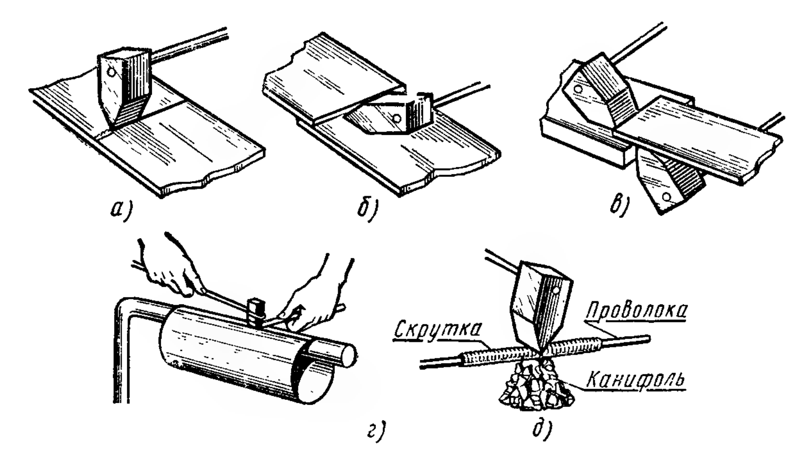


Рис. 440. Приемы пайки:
а — встык, *б* — внахлестку, *в* — тонкой пластины с толстой внахлестку, *г* — трубы, *д* — толстых проводов

лампе малейшая неосторожность может повлечь за собой взрыв сосуда.

Когда паяние закончено и изделие полностью охладилось, со шва снимают излишек припоя, изделие промывают и высушивают в сушилке сухими опилками или сжатым воздухом.

Паяние труб выполняют в следующем порядке: очищают напильником или шабером место пайки, наносят кисточкой флюс на место спая, прикладывают нагретый и облуженный паяльник и пруток припоя к месту спая, расплавляют припой, равномерно и медленно,

непрерывно перемещают паяльник по линии шва, давая припою заполнить шов. После окончания паяния и полного остывания трубы удаляют флюс, промывают трубу в теплой воде.

§ 146. ЛУЖЕНИЕ *

Покрытие поверхностей металлических изделий тонким слоем соответствующего назначению изделий сплава (олова, сплава олова со свинцом и др.) называется лужением, а наносимый слой — полудой.

Лужение, как правило, применяется при подготовке деталей к паянию, а также для предохранения изделий от коррозии, окисления.

Лужение — подготовительная операция при заливке подшипников баббитом.

Полуду приготавливают так же, как и припой. В качестве полуды пользуются оловом и сплавами на оловянной основе.

Сплавами из олова со свинцом и цинком лудят металлические изделия в целях предохранения от ржавчины. Красивую белую и блестящую полуду для лужения художественных изделий получают из сплавов олова с висмутом (90 и 10%).

Процесс лужения состоит из подготовки поверхности, приготовления полуды и ее нанесения на поверхность.

Подготовка поверхности к лужению зависит от требований, предъявляемых к изделиям, и от способа нанесения полуды. Перед покрытием оловом поверхность обрабатывают щетками, шлифованием и обезжириванием, травлением.

Щетками обрабатывают обычно поверхности, покрытые окалиной или сильно загрязненные. Изделия перед подготовкой промывают чистой водой, а при обработке применяют для ускорения процесса мелкий песок, пемзу и известь.

Неровности на изделиях удаляют шлифованием абразивными кругами и шкурками.

Химическое обезжиривание поверхностей изделий производится в водном растворе каустической соды (на 1 *л* воды — 10 *г* соды). Раствор наливают в металлическую посуду и нагревают до кипения. Затем в нагретый раствор погружают деталь на 10—15 *мин*, вынимают ее, промывают в чистой, несколько раз сменяемой теплой воде и просушивают. На хорошо обезжиренной поверхности капли чистой воды растекаются.

Жировые вещества удаляют венской известью. Минеральные масла удаляют бензином, керосином и другими растворителями. Медные, латунные и стальные изделия травят в течение 20—23 *мин* в 20—30%-ном растворе серной кислоты с подогревом.

Лужение осуществляют двумя способами: погружением в рас-

---

* См. Н. И. Медведюк. Медницко-жестяницкие работы, изд. 6-е. М., «Высшая школа», 1970.

плавленную полуду (небольшие изделия) и растиранием (большие изделия).

Лужение погружением выполняют в чистой металлической посуде, куда закладывают и в которой расплавляют полуду, насыпая на поверхность маленькие кусочки древесного угля для предохранения от окисления. Медленно погрузив в расплавленную полуду (рис. 441, *а*), изделие держат в ней до прогрева, затем вы-

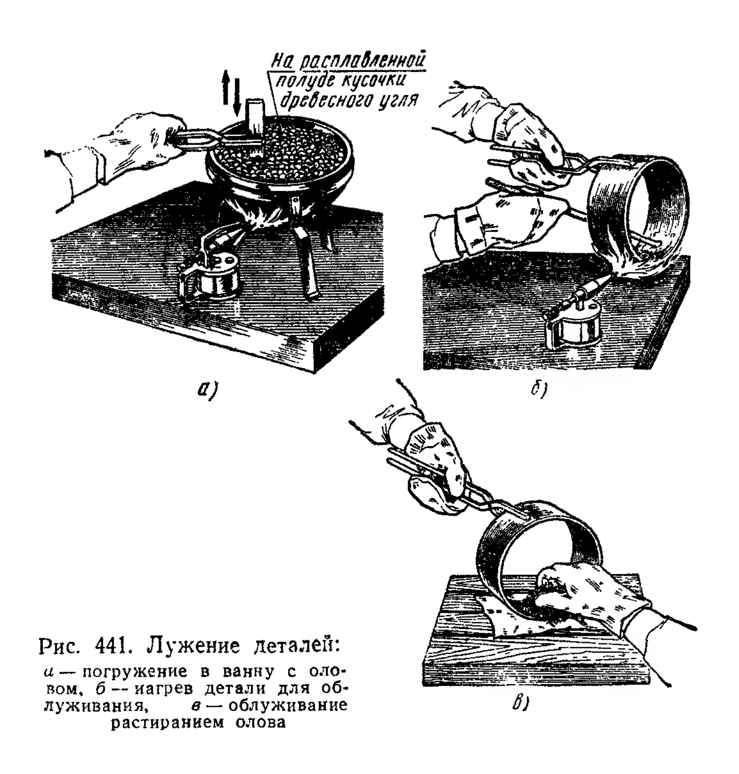


Рис. 441. Лужение деталей:
а — погружение в ванну с оловом, *б* — нагрев детали для облуживания, *в* — облуживание растиранием олова

нимают, быстро встряхивая. Излишки полуды снимают, протирая паклей, обсыпанной порошкообразным нашатырем. Затем изделие промывают в воде и сушат в древесных опилках.

Лужение растиранием выполняют, предварительно нанеся на очищенное место волосяной щеткой или паклей хлористый цинк. Затем равномерно нагревают поверхность изделия до температуры плавления полуды, которая наносится от прутка (рис. 441, *б*). Обсыпав паклю порошкообразным нашатырем, растирают паклей нагретую поверхность так, чтобы на ней полуда распределилась равномерно (рис. 441, *в*). После этого нагревают и в таком же порядке облуживают другие места. По окончании лужения охладившееся изделие протирают смоченным песком, промывают водой и сушат.

§ 147. ПАЯНИЕ ТВЕРДЫМИ ПРИПОЯМИ

Паяние твердыми припоями применяют для получения прочных и термостойких швов.

Паяние твердыми припоями осуществляют, соблюдая следующие основные правила:

как и при паянии мягкими припоями, поверхности подгоняют друг к другу припиливанием, тщательно очищают от грязи, окислов и жиров механическим или химическим способом;

подогнанные детали в месте спая покрывают флюсом (рис. 442, *а*); на место спая накладывают кусочки припоя (медные пластинки) и закрепляют мягкой вязальной проволокой (рис. 442, *б*);

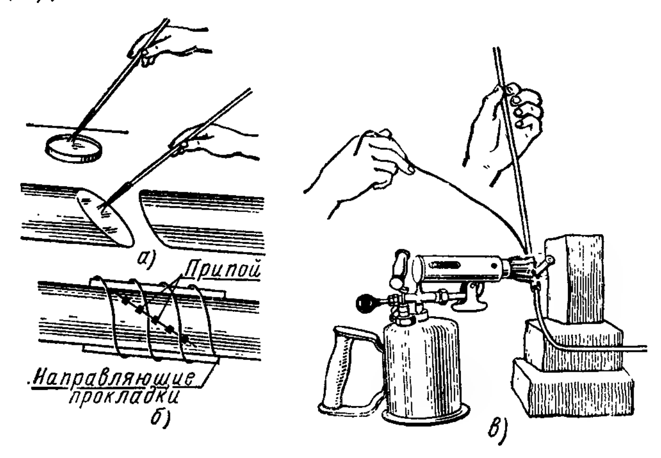


Рис. 442. Паяние твердыми припоями:
а — нанесение флюса, *б* — закрепление припоя, *в* — нагрев

подготовленные детали (заготовки) нагревают паяльной лампой (рис. 442, *в*), в кузнечном горне или электропечи;

когда припой расплавится, деталь снимают с огня и держат в таком положении, чтобы припой не мог стекать со шва;

затем деталь охлаждают предварительно на воздухе до температуры 80—100° С и погружают в воду. Такой способ охлаждения повышает прочность соединения и облегчает удаление шлаковой пленки;

после охлаждения спаянные детали промывают в воде, протирают сухими тряпками и просушивают;

шов зачищают наждачной бумагой или опиливают напильником.

Особенности пайки некоторых металлов и сплавов

Низкоуглеродистые стали хорошо подвергаются пайке как мягкими, так и твердыми припоями. В качестве мягких припоев применяют оловянно-свинцовистые припои, а в качестве флюса — хлористый цинк или канифоль.

Высокоуглеродистые и инструментальные стали можно паять медно-цинковыми и серебряными припоями.

Паяние чугунных деталей выполняют латунями и серебряными припоями. Перед паянием детали очищают от окислов, масла и обрабатываемую поверхность зачищают механическим способом. Затем в месте спая кислородно-ацетиленовым пламенем с избытком кислорода выжигают свободный графит, детали прогревают и очищают от окислов и покрывают бурой. Нагревание можно производить паяльной лампой, не допуская нагрева детали выше 900° С.

После окончания пайки чугунные детали отжигают: нагревают до температуры 700—750° С, выдерживают при этой температуре в течение 20—25 *мин*, затем охлаждают на воздухе. Доброкачественный шов получается в том случае, когда поверхности спаиваемых деталей до пайки покрывают медью.

Паяние нержавеющих сталей сопряжено с некоторыми трудностями, так как вследствие химического воздействия кислорода на легирующие элементы при нагреве происходит окисление поверхности стали. В целях удаления окислов и дальнейшего предупреждения их образования применяют различные флюсы (например, буру). Нержавеющие стали паяют припоем ПСр45.

Напайку пластинок из твердых сплавов на инструменты выполняют медью или латунью Л62, в качестве флюса применяют буру. Перед напаиванием пластинки тщательно очищают, шлифуют и обезжиривают, затем прикрепляют к инструменту проволокой.

Инструмент вместе с прикрепленной пластинкой нагревают паяльной лампой или в горне сначала до температуры 650—700° С и выдерживают 8—10 *мин*, потом до 800—850° С с выдержкой при этой температуре 5—8 *мин*, затем до температуры 850—900° С с выдержкой 5 *мин* и, наконец, до плавления припоя. Прижатую металлическим стержнем пластинку удерживают до затвердевания припоя.

Медь и ее сплавы хорошо паяются любым способом.

Паяние алюминия и его сплавов. Паяние алюминия и его сплавов связано с большими трудностями в связи с тем, что на воздухе, а особенно при нагреве, эти материалы быстро окисляются и на поверхности образуется прочная тугоплавкая пленка окислов, не допускающая паяние. Перед паянием алюминия поверхность деталей обезжиривают в бензине, спирте или горячем 10%-ном растворе каустической соды и протравливают раствором кислоты. Травление можно заменить зачисткой поверхности напильником, шабером, металлической щеткой или наждачной шкуркой. После зачистки с поверхности волосяной щеткой удаляют мелкие частицы.

При химическом способе окисную пленку разрушают флюсами. Место пайки и пруток припоя нагревают до температуры 300—400° С, припой опускают в порошкообразный флюс, затем быстро с нажимом, проводя припоем по подогреваемому шву флюсом, удаляют окисную пленку, припой плавится и заполняет шов. После паяния деталь тщательно промывают.

При паянии алюминия и его сплавов лучше всего следует применять специальные припои: 34А или 35А.

Высокого качества пайки алюминия достигают, применяя ультразвуковой паяльник, который разрушает оксидную пленку, всплывающую на поверхность расплавленного припоя и легко удаляемую металлической щеткой.

Дефекты пайки и техника безопасности

Дефекты при паянии, их причины и меры предотвращения следующие:

припой не смачивает поверхность паяемого металла вследствие недостаточной активности флюса, наличия окисной пленки, жира и других загрязнений. Для предотвращения несмачивания в состав флюса добавляют фтористые соли или увеличивают его количество, улучшают обработку деталей, удаляя следы коррозии, жира;

наплывы или натеки припоя вследствие недостаточного прогрева детали, припой не расплавился. Необходимо повысить температуру пайки;

припой (при хорошем смачивании) не затекает в зазор, который мал или велик. Надо подобрать оптимальный зазор;

шероховатая поверхность паяного шва, получаемая при высокой температуре нагрева или длительном нагреве. Необходимо уменьшить температуру или время пайки;

трещины в паяном шве вследствие значительной разницы в коэффициентах теплового расширения припоя и металла. Необходимо подобрать соответствующий припой;

смещение и перекосы в паяных соединениях из-за плохого скрепления деталей перед пайкой. Необходимо исключить смещение соединяемых деталей при затвердевании припоя.

Техника безопасности при выполнении паяльных работ и лужении. Подготовка металлов и процесс паяния связаны с выделением пыли, вредных паров цветных металлов и солей, которые, попадая в организм человека через дыхательные органы, пищевод или кожу, вызывают раздражение слизистой оболочки глаз, поражение кожи и отравление. Поэтому при паянии и лужении необходимо строго соблюдать следующие правила:

рабочее место паяльщика должно быть оборудовано местной вентиляцией;

не допускается работа в загазованных помещениях;

после окончания работы и перед принятием пищи тщательно мыть руки мылом;

химикаты засыпать осторожно, малыми порциями, не допуская брызг. Попадание кислоты в глаза может вызвать слепоту, испарения кислот очень вредны;

серную кислоту хранить в стеклянных бутылях с притертыми пробками в деревянных или плетеных корзинах с мягкой прокладкой из бумаги или стружки;

пользоваться только разведенной кислотой. При разведении кислоту следует вливать в воду тонкой струей, непрерывно помешивая раствор. **Запрещается лить воду в кислоту,** так как при соединении воды с кислотой происходит сильная химическая реакция с выделением большого количества тепла. Даже при небольшом количестве воды, попадающей в кислоту, вода быстро нагревается и превращается в пар, что может привести к взрыву;

не допускаются ручные операции, при которых возможно непосредственное соприкосновение кожи работающего (промывка, протирка изделий, розлив и др.) с дихлорэтаном (огнеопасная ядовитая жидкость) или содержащими его смесями;

при нагреве паяльника соблюдать общие правила безопасного обращения с источником нагрева;

при работе с паяльными лампами: проверить исправность лампы; горючее наливать в лампу не более 75% емкости; недопустимо доливать или наливать горючее в неостывшую лампу; керосиновую лампу заправлять только керосином;

работать электрическим паяльником, ручка которого должна быть сухой и не проводящей тока.

§ 148. СКЛЕИВАНИЕ

Соединение материалов склеиванием находит все более широкое применение. Соединения, полученные склеиванием, обладают достаточной герметичностью, водомаслостойкостью, высокой стойкостью к вибрационным и ударным нагрузкам. Склеивание во многих случаях может заменить пайку, клепку, сварку, посадку с натягом.

К недостаткам клеевых соединений относятся незначительная тепловая стойкость (при температуре выше +90° С прочность их резко снижается), склонность к ползучести при длительном воздействии больших статических нагрузок, длительные сроки сушки, необходимость нагрева для получения стойких и герметичных соединений, низкая прочность на сдвиг и др.

Надежное соединение деталей малой толщины, как правило, возможно только склеиванием.

Клеевые соединения осуществляют различными способами. Чаще всего применяется соединение внахлестку и встык с помощью планки, втулки и т. п.

Технологический процесс склеивания деталей, независимо от их конструкции, марок клеев и склеиваемых материалов, состоит из следующих этапов:

подготовка поверхностей склеиваемых деталей;
нанесение клея на склеиваемые поверхности;
выдержка после нанесения клея;
сборка склеиваемых деталей;
собственно склеивание при температуре от 25 до 250° С и выше;
давление с выдержкой от 5 *мин* до 40 *ч* и более;
очистка шва от подтеков клея;

контроль качества клеевого соединения.

Существуют различные виды клеев. Наиболее известен клей БФ, выпускаемый под марками БФ-2, БФ-4, БФ-6 и др.

Универсальный клей БФ-2 применяется для склеивания металлов, стекла, фарфора, бакелита, текстолита и других материалов. Механическая прочность сохраняется при нагреве до температуры не более 80° С. Этот клей применяется для заделки трещин в неответственных местах чугунных корпусов, для упрочнения неподвижных сопряжений, для крепления накладок на дисках муфт сцепления и др.

Клей БФ-2 бензо- и маслостоек, является хорошим диэлектриком, защищает склеенные поверхности от коррозии. Хранят в закупоренной посуде, берегут от попадания воды. Огнеопасен.

Клей БФ-2 в жидком виде наносят на подготовленные поверхности соединяемых деталей возможно более тонким слоем. Затем получившаяся пленка клея сушится «до отлипа» при температуре 20—60° С в течение 50—60 *мин*. Наносится второй слой, вновь сушится, затем наносится третий слой и склеиваемые детали соединяют и сушат при температуре 140—150° С в течение 30—60 *мин* при давлении 10—20 *кГ/см*^{2}.

Клеи БФ-4 и БФ-6 применяют для получения эластичного шва (на деталях из тканей, резины, фетра). Они имеют небольшую прочность по сравнению с другими клеями.

Клей ВС-10Т применяется для склеивания деталей, длительное время работающих при температуре до 300° С. Он обладает высокой прочностью и стойкостью. На склеенное этим клеем место не действуют керосин, смазочные масла, вода. Часто этим клеем закрепляют накладки к тормозным колодкам автомобилей.

Клей ВС-10Т выпускается в готовом для употребления виде. Хранят его в герметичной посуде в темном помещении в течение 6 месяцев (сохраняет клеящие свойства).

Клей ВС-10Т наносится в жидком виде в 1—2 слоя. После нанесения первого слоя сушка при нормальной температуре в течение часа, а затем наносится второй слой: детали соединяют и сушат при температуре 140—180° С в течение 1—2 *ч* при давлении 0,5—2,0 *кГ/см*^{2}.

Карбинольный клей может быть в жидком или пастообразном состоянии (с наполнителем). Основа этого клея — сироп карбинольный, к которому добавляют перекись бензола. Клей пригоден для соединения стали, чугуна, алюминия, фарфора, эбонита и пластмасс; обеспечивает прочность склеивания только при использовании его в течение 3—5 *ч* после приготовления. Механическая прочность швов, выполненных карбинольным клеем, сохраняется при температуре до 60°.

Детали, склеенные карбинолом, сушат на воздухе в течение одних суток. Карбинольный клей бензо- и маслостоек, не поддается воздействию кислот и щелочей, воды, спирта и ацетона. Применяется для склеивания деталей карбюраторов, аккумуляторных банок и других работ.

Пастообразный карбинольный клей применяется преимущественно для склеивания мрамора, фарфора, пористых материалов, для заделки трещин, отверстий и т. д. Недостатком этих клеевых соединений является низкая стойкость против высокой температуры.

Бакелитовый лак — раствор смол в этиловом спирте. Детали, склеенные бакелитовым лаком, сушат при температуре 140—160° С. Хранят бакелитовый лак в закрытой посуде при температуре не свыше 30° С в темном месте. Применяется для наклейки накладок на диски муфт сцепления.

Пластмассовые и стеклянные детали склеивают карбинольным клеем и бакелитовым лаком.

Эпоксидные клеи устраняют необходимость тепловой обработки склеиваемых деталей; применяют эпоксидные клеевые составы, затвердевающие при температуре 18—20° С. Для приготовления этих составов в эпоксидные смолы (ЭД-5, ЭД-6, ЭД-40) добавляют отвердитель — полиэтилен-полиамин (примерно 10 весовых частей на 100 весовых частей эпоксидной смолы), дибутилфталат (10—15 весовых частей на 100 весовых частей эпоксидной смолы) и наполнитель, в качестве которого используют алюминиевую или бронзовую пудру, стальной или чугунный порошок, портландцемент, сажу, стекловолокно и т. д. Наполнители увеличивают вязкость эпоксидного состава и повышают прочность клеевого шва.

Термостойкие клеи. Применяются для склеивания деталей из различных металлов, работающих в условиях высоких температур и вибраций. Клей ВК-32-200 применяется для склеивания из металлов и неметаллических материалов деталей, работающих непрерывно до 300 *ч* при 200° С и до 20 *ч* при 300° С. Клей наносят в два слоя. После нанесения первого слоя выдерживают 15—20 *мин* при 20° С, после нанесения второго слоя — 15—20 *мин* при 20° С и 90 *мин* при 65° С.

Материалы, соединяемые клеем ВК-32-200, могут работать в интервале температур от 60 до 120° С. Клей стоек против бензина, минерального масла и воды. В течение четырех месяцев материалы, соединенные этим клеем, могут работать в условиях, близких к тропическим (при влажности 90% и температуре 50° С), без заметных снижений прочности соединения.

Термостойкие клеи на основе кремнийорганических смол предназначены для склеивания металлических и неметаллических материалов. Клей ИП-9 применяется при склеивании металлов и неметаллов. Этот клей образует швы небольшой прочности, но обеспечивает высокую термостойкость, водостойкость и герметичность.

Клеем ИПЭ-9 соединяют металлы, керамику, резину и другие материалы. Соединения очень прочны при температуре 300° С.

Клей БФК-9 применяется для соединения металлов с неметаллами, обладает высокой термостойкостью. Клей наносят на обе поверхности тонким слоем и просушивают в течение одного часа при температуре 20° С и 15 *мин* при температуре 60 °С. Затем наносят второй слой и просушивают в течение того же времени.

Причины непрочности клеевых соединений:

плохая очистка склеиваемых поверхностей;

неравномерное нанесение слоя на склеиваемые поверхности, отдельные участки поверхности клеем не смазаны или смазаны густо;

затвердевание нанесенного на поверхности клея до их соединения;

недостаточное давление на соединяемые части склеиваемых деталей;

неправильный температурный режим и недостаточное время сушки соединенных частей.

Контроль качества клеевых соединений осуществляют лупой, на ультразвуковых установках или испытанием на сдвиг.

Вопросы для самопроверки

1. Объясните порядок подготовки и процесс паяния мягкими и твердыми припоямн.
2. Какне припои и флюсы применяются и в каких случаях?
3. Что такое лужение?
4. Расскажнте о правилах техники безопасности прн паянии и лужении.
5. Как подготавливаются поверхности деталей к склеиванию?
6. Для чего после ианесения клея детали сжимают и подогревают?
7. Какими способами проверяют качество склеивания?

Литература

Берков В. И. Технические измерения (альбом). М., «Высшая школа», 1969.

Крупицкий Э. И. Слесарное дело. Минск. «Высшая школа», 1965.

Макиенко Н. И. Слесарные работы. Учебные плакаты. М., «Высшая школа», 1971.

Медведюк Н. И. Меднидко жестяницкие работы. М., «Высшая школа», 1970.

Остапенко Н. Н., Кропивницкий Н. Н. Технология металлов. М., «Высшая школа», 1970.

Старичков В. С: В помощь мастеру-слесарю М., «Высшая школа», 1970.

Сергеев М. А. Справочник слесаря. Лениздат, 1965.

Коротин И. М., Сгибнев Г. Ф. Термист. М., «Высшая школа», 1968.

ОГЛАВЛЕНИЕ